

RAPPORT SUR L'ÉTAT DES RESSOURCES EN EAU ET DES ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES DU QUÉBEC 2020

Votre gouvernement

Québec



AVERTISSEMENT
Téléchargez le document pour bénéficier de l'ensemble de ses fonctionnalités.

COORDINATION ET RÉDACTION
Cette publication a été réalisée par la Direction générale des politiques de l'eau du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).

RENSEIGNEMENTS
Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information.
Téléphone: 418 521-3830
1 800 561-1616 (sans frais)
Télécopieur: 418 646-5974

Formulaire: www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp
Internet: www.environnement.gouv.qc.ca

RÉFÉRENCE À CITER
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.
Rapport sur l'état des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques du Québec, 2020, 480 pages.

Dépôt légal – 2020
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN: 978-2-550-87855-1 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.
© Gouvernement du Québec, 2020

Photo de la page couverture
© Caroline Anderson, 2020

MOT DU MINISTRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES



La protection de l'eau est certainement un enjeu important pour toutes les Québécoises et tous les Québécois. Ils veulent qu'on leur assure de disposer d'une eau de qualité et en quantité suffisante. Ils désirent qu'on veille sur les rives et les côtes, sur la faune et la flore aquatiques du Québec. Ils veulent qu'on s'assure de protéger les milieux humides, les cours d'eau, le Saint-Laurent au premier chef, et les plans d'eau, sources de tant d'activités.

Or, on ne protège bien que ce que l'on connaît bien. De là toute l'importance de ce deuxième Rapport sur l'état des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques au Québec. L'exigence de le publier aux cinq ans a été, pour la même raison, inscrite dans la Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés.

Ce rapport constitue un intrant majeur pour la prise de décision en matière de protection de l'eau et des écosystèmes aquatiques. En ayant une meilleure compréhension de la situation de l'eau sur son territoire, particulièrement dans le contexte où le climat change, le gouvernement souhaite pouvoir orienter de manière plus efficace et efficiente les décisions collectives pour gérer cette précieuse ressource.

Ce rapport a nécessité un travail d'envergure gouvernementale réalisé sous la responsabilité du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, en partenariat avec le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs et d'autres ministères et organismes concernés. Nous voulons le partager avec tous les acteurs de l'eau car, comme plusieurs pays, le Québec a convenu de gérer l'eau et les écosystèmes aquatiques de façon intégrée.

Comme plusieurs citoyennes et citoyens du Québec, les décideurs, le monde de la recherche, les tables de concertation régionales, les organismes de bassins versants, les usagers et maints organismes de la société civile font de l'eau leur priorité. Je veux d'ailleurs les remercier pour leur collaboration constante.

Même si des résultats sont intéressants et font état d'avancées en matière de protection des ressources, des enjeux persistent. Nous devons demeurer vigilants afin de maintenir ou d'améliorer l'état des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques.

Continuons de veiller sur l'eau. C'est l'une de nos richesses collectives les plus précieuses!

Le ministre,

Benoit Charette

L'eau, un patrimoine naturel collectif

D'intérêt vital, mais vulnérable, l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation québécoise, comme le mentionne la *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (c. C-6.2) (Loi sur l'eau). L'État agit à titre de gardien de cette ressource dans une perspective de développement durable. En fonction de ce rôle, la Loi sur l'eau demande au gouvernement du Québec de rendre compte auprès de la population de l'état des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques, des pressions expliquant cet état et des mesures qu'il met en œuvre à cet égard, et ce, tous les cinq ans.

L'objectif du *Rapport sur l'état des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques - 2020* (Rapport) est d'établir une base commune de connaissances à l'échelle du Québec sur les conditions actuelles et sur l'évolution de la ressource et des écosystèmes qui lui sont liés. Ce portrait est réalisé à partir des informations à jour disponibles, recueillies au moyen des différents programmes de suivis gouvernementaux. Le Rapport peut aider à la prise de décision à plusieurs échelles selon l'unité territoriale pertinente et selon la problématique visée, par exemple, à l'échelle du Québec, du bassin versant, du plan d'eau ou même à l'échelle d'un enjeu particulier. Le Rapport permet également de suivre l'effet et de mesurer l'efficacité des mesures adoptées par le gouvernement en lien avec l'eau. Une meilleure connaissance des enjeux favorise enfin une meilleure définition des orientations pour la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), un suivi rigoureux de ses orientations et une prise de décision éclairée en la matière.

Aux niveaux local et régional, la GIRE s'organise également avec les acteurs de l'eau (organisation, municipalité, entreprise, agriculteur, association de riverains, citoyen, etc.) afin qu'ils puissent participer à la prise de décision et à la mise en œuvre d'actions concernant la ressource et ses usages, de manière concertée et intégrée. Cet aspect de la GIRE est orchestré par les organismes de bassin versant (OBV) et les tables de concertation régionale (TCR) qui rassemblent les acteurs et qui établissent un portrait de la situation à l'échelle appropriée, soit respectivement des bassins versants et des zones de gestion intégrée du Saint-Laurent.



Photo : Julie Moisan

Stratégie québécoise de l'eau (SQE) 2018-2030

Le 27 juin 2018, le ministère du Développement durable et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) a dévoilé la Stratégie québécoise de l'eau (SQE) 2018-2030 ainsi que son plan d'action 2018-2023. La SQE propose une vision rassembleuse pour 2030 et sept grandes orientations qui permettront d'atteindre une gestion intégrée, durable et équitable des ressources en eau. Le Plan d'action 2018-2023, quant à lui, prévoit 63 mesures, assorties d'investissements de près de 550 M$, à mettre en œuvre et portées par onze ministères et organismes gouvernementaux.

Plusieurs des mesures proposées visent l'acquisition de nouvelles connaissances portant sur l'état des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques qui contribueront à bonifier et à compléter les indicateurs de suivi sur lesquels s'appuient ce rapport. Parmi celles-ci, notons :

- La réalisation de quatre projets visant à améliorer les connaissances sur les eaux souterraines. Ces projets permettront d'augmenter la couverture de 75 % du Québec méridional municipalisé issue du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines, 2008 à 2015 (PACES) à 90 % d'ici 2023. Les eaux souterraines constituent la source d'approvisionnement en eau potable pour plus de 25 % de la population.

- La réalisation d'un projet de développement d'une méthodologie de caractérisation des aquifères côtiers et d'un projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines sur le territoire de la municipalité des Îles-de-la-Madeleine. Ces projets, adaptés au contexte insulaire particulier des îles, visent le renforcement de la protection des eaux souterraines et l'élaboration de recommandations pour que leur exploitation y soit durable.

- La mise en œuvre d'un projet visant à expérimenter des changements de pratiques sur des parcelles cultivées en bordure des cours d'eau en milieu agricole. Issues de ce projet, des caractérisations de l'habitat aquatique et riverain des communautés biologiques et physicochimiques de l'eau sont réalisées simultanément afin de suivre l'évolution de l'état de l'écosystème par rapport aux pratiques agricoles utilisées.

- La réalisation d'un projet de suivi de l'intégrité biotique de cours d'eau des 40 zones de gestion intégrée de l'eau à l'aide de l'indice diatomées de l'est du Canada (IDEC) 15 ans après l'état de situation de 2002-2003.

- La mise en œuvre d'une initiative visant à compléter le suivi de la qualité de l'eau du Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL) du Québec méridional par l'ajout ponctuel de variables complémentaires (ions majeurs, azote total, conductivité, variables biologiques) aux analyses de base (phosphore total, chlorophylle α, carbone organique dissous).

- Le suivi des sels de voirie dans le cadre du Réseau-rivières pendant deux ans, afin de documenter cette problématique dans les cours d'eau.

Équipe de production interministérielle et multidisciplinaire

Le *Rapport sur l'état des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques* est réalisé dans un contexte de partenariat interministériel et intergouvernemental. Sa conception et sa réalisation sont sous la responsabilité de la Direction générale des politiques de l'eau du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) qui intègre le Bureau des connaissances sur l'eau. Ce projet fait appel aux organisations gouvernementales qui détiennent les données, l'information et les connaissances nécessaires à la production du rapport. Les principaux ministères concernés par la gestion intégrée des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques, autres que le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), qui y ont contribué sont :

- le ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH);
- le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ);
- le ministère de l'Économie et de l'Innovation (MEI);
- le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN);
- le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP);
- le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS);
- le ministère de la Sécurité publique (MSP);
- le ministère du Tourisme (MTO);
- le ministère des Transports du Québec (MTQ).



Photo: Anabel Caissy

La production de la deuxième édition de ce rapport a été rendue possible grâce aux efforts d'une équipe composée de plus de 150 personnes. Les principaux collaborateurs sont les suivants:

DIRECTION
Marie-Claude Théberge, MELCC

COMITÉ DIRECTEUR

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)

Alexandre Iracà
Caroline Boiteau
Caroline Robert
Christine Gélinas
Denis Lapointe
François Houde
Jean-Pierre Laniel
Julie Bordeleau
Louis Martel
Nancy Bernier
Sylvain Dion

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP)

Simona Motnikar
Yvon Boilard

CHARGÉE DE PROJET
Brigitte Laberge, MELCC

ÉQUIPE DE RÉDACTION
Charles Mercier, MELCC
Françoise Auger, MELCC

RÉDACTION DES FICHES D'INDICATEUR, D'INFORMATION OU DE RÉFÉRENCE

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)

Caroline Anderson
Charles Mercier
Chantale Langevin
Daniel Blais
David Berryman
Denis Laliberté
Françoise Auger
François Godin
Hedia Sammari
Isabelle Giroux
Joany Suazo
Julie Moisan
Lyne Pelletier
Marc Simoneau
Marie-Ève Tousignant
Marlène Vodouhè
Martine Grenier
Martin Stapinsky
Michel Patoine
Nancy Hébert
Nathalie Bourbonnais
Stéphane Valois
Yann Arlen-Pouliot

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP)

Annie Paquet
Christine Dumouchel
Éliane Valiquette
Julien Mainguy
Marc-Antoine Couillard
Maxime Guérard
Olivier Morissette
Rémy Pouliot
Stéphanie Gagné
Véronique Leclerc
Yves Paradis

COLLABORATION À LA RÉDACTION DES FICHES D'INDICATEUR

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC)

Christine Lepage
François Bolduc

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)

Denis Brouillette
Dominic Lortie
Édith Bourque
Élisabeth Bussières
Félicia Anctil
Juliette Mochizuki
Louis Roy
Manon Ouellet
Marianne Métivier
Marie-Catherine Talbot Poulin
Marie-Josée Côté
Michel Ouellet
Nadine Roy
Nathalie Paquet
Philippe Ferron
Sébastien Bourget
Simon Magnan
Sophie Bélanger-Comeau
Steeve Roberge

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP)

Anne-Marie Pelletier
Jason Samson
Julien April
Laurie Beaupré
Léon L'Italien
Michel Legault

GROUPE DE TRAVAIL INTERMINISTÉRIEL

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ)
David Demers-Bouffard
Denis Gauvin
Louis Saint-Laurent
Vicky Huppé

Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH)
Jean-Philippe Côté
Lena Bolduc
Steeve Hétu

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)
Ann-Julie Côté
Laurie Noël
Liette Laroche
Marie-Hélène April
Mikael Guillou
Nathalie Laroche
Sabrina Gauthier
Stéphanie Côté

Ministère de l'Économie et de l'Innovation (MEI)
Josée Mayrand
Marie-Ève Morneau
Thomas Poirier

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)
Aline Mansouri
Annie Cassista
Anouka Bolduc
Chantal Bouchard
Charles Malenfant
Daniel Lachance
Dominic Boisjoly
Dominic Roussel
Émilie Bilodeau
Émilie Gagnon
Gaëlle Triffault-Bouchet
Jacques Labrecque

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) (suite)
Jean-François Cyr
Jean-François Ricard
Judith Kirby
Julie Veillette
Line Couillard
Marc-Antoine Robert
Martin Joly
Maud Bouthillette
Myriam Racine
Nathalie Arpin
Nathalie Lafontaine
Pascale Fillion
Patrick Émond
Rosemarie Vallières
Sabrina Courant
Sandra Garneau
Sébastien Ouellet-Proulx
Simon Lachance-Cloutier
Simon Pineault
Thomas-Charles Fortier-Filion
Yves Lefebvre

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)
Louis Bienvenu

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP)
Anouk Simard
Anne-Marie Gosselin
Antoine Nappi
Catherine Doucet
Isabelle Tessier
Jean-Nicolas Bujold
Marc Mingelbier
Philippe Brodeur

Ministère de la Sécurité publique (MSP)
Anne-Isabelle Leclerc
Pascal Chouinard

Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS)
Christiane Dupont

Ministère du Tourisme (MTO)
Sonia Carignan

Ministère des Transports du Québec (MTQ)
Jean-Philippe Robitaille

CARTOGRAPHIE
Pierre-Thomas Poulin, MELCC

COMMUNICATIONS
Gaëlle Damestoy, MELCC
Marie-Ève Després, MELCC

GRAPHISME

Publications du Québec
Alexandre Poulin
Annie Larose
Annie Maltais
Jean-Philippe Laprise

RÉVISION LINGUISTIQUE
Solange Deschênes
Sylvain Dumont, MELCC

TABLE DES MATIÈRES

Mot du ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques III

Avant-propos IV

L'eau, un patrimoine naturel collectif IV
Stratégie québécoise de l'eau (SQE) 2018-2030 V
Équipe de production interministérielle et multidisciplinaire VI

Introduction 1

Faits saillants 4

Synthèse des résultats 8

Synthèse des indicateurs 11

Mode d'emploi des fiches 32

Fiches 35

Eaux souterraines 36
Milieux humides 62
Lacs 98
Rivières 145
Fleuve 287
Milieux nordiques 364

Éléments perturbateurs et leurs impacts 383

Pollution par divers contaminants 384
Nutriments, coliformes fécaux et matières en suspension 384
Pesticides 392
Polluants organiques persistants et métaux 395
Sels de voirie 401
Hydrocarbures 401
Perturbations des processus hydrologiques et hydrogéomorphologiques 403
Perturbation de milieux humides 403
Diminution du couvert forestier 407
Imperméabilisation des surfaces 408
Reprofilage des cours d'eau 410
Travail des sols agricoles 412
Artificialisation des berges et du littoral 413
Barrages et seuils 416
Infrastructures de transport 418
Prélèvements d'eau 422
Espèces envahissantes 425
Prélèvement de la faune 428
Atteintes à l'intégrité physique de la faune et de la flore 431
Bruit 431
Collisions et empêtrements 432
Dérangements 433
Entraves à la dévalaison 434
Écrasements et collisions 434

Impacts des changements climatiques 435

Modification de l'hydrologie 436
Hydrologie de surface 436
Hydrologie souterraine 437
Hausse des apports et de la concentration des polluants et des contaminants 438
Dispersion et introduction d'espèces envahissantes 440
Pression exercée sur la flore et la faune aquatique 441

Mesures mises en œuvre par le gouvernement 443

Plans d'action, stratégies ou financement englobants 445
Qualité de l'eau 446
Conservation et protection des espèces et de leurs habitats 449
Quantité d'eau 453

Conclusion 457

Bibliographie 459

Annexe 478

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019 479
État – Fleuve 479
État – Estuaire et golfe 480

INTRODUCTION



Photo: Caroline Anderson



INTRODUCTION

Le *Rapport sur l'état des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques* (Rapport) présente l'état des composantes physicochimiques et bactériologiques, biologiques, chimiques et physiques des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques du Québec. L'approche privilégiée depuis la première édition en 2014 s'inspire du modèle « pression-état-réponse » mis au point par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) dans les années 1990. Cette approche se base sur le principe que les diverses pressions causées par les activités humaines agissent sur les ressources en eau et les écosystèmes aquatiques, influençant leur état. Les changements climatiques exacerbent certaines de ces pressions. Cet état influence à son tour les usages de ces ressources et permet de déterminer les priorités d'action à mettre de l'avant par le gouvernement et les acteurs de l'eau pour répondre aux problèmes soulevés. Ces réponses viennent conséquemment moduler les pressions qui agissent sur l'eau et les écosystèmes aquatiques.

Dans l'édition 2020 du Rapport, les composantes des ressources aquatiques sont décrites à l'aide de 57 fiches pour lesquelles les paramètres sont influencés de façon directe ou indirecte et de manière positive ou négative par des pressions d'origine anthropique. Vingt-huit indicateurs ont été retenus pour le présent rapport, alors que 15 sont issus du programme de suivi de l'état du Saint-Laurent faisant partie du Plan d'action Saint-Laurent. En effet, le Saint-Laurent fait l'objet d'un suivi de son état depuis 2003 et les compétences à son égard sont partagées entre le gouvernement provincial et le gouvernement fédéral. Les résultats concernant les indicateurs suivis par le gouvernement fédéral sont donc considérés dans l'analyse du Rapport et un lien vers ces fiches, provenant du *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019*, a été placé en annexe. De plus, le Rapport compte trois fiches de référence, quatre fiches d'information et sept fiches avec des indicateurs en développement.

Les fiches sont rassemblées selon les milieux auxquels elles s'appliquent (eaux souterraines, milieux humides, lacs, rivières, fleuve, estuaire et golfe et milieux nordiques), mais certaines s'appliquent à plus d'un milieu. Les fiches basées sur des indicateurs donnent un aperçu de la situation propre à chacun de ces milieux à l'aide de cinq catégories d'état. Elles ont été rédigées à l'aide des données les plus à jour et les plus fiables disponibles au moment de la rédaction. Il a été possible de dégager une tendance au niveau de l'état de 30 indicateurs.

Les pressions et les impacts mentionnés dans les fiches sont rassemblés et discutés dans le chapitre *Éléments perturbateurs et leurs impacts*. À partir de cette section, le lecteur peut consulter directement les fiches en lien avec un sujet discuté. Un chapitre est consacré aux effets des changements climatiques sur les paramètres étudiés dans les fiches. Les réponses actuellement fournies par le gouvernement pour maintenir ou améliorer l'état des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques sont abordées dans le chapitre *Mesures mises en œuvre par le gouvernement*. Il est à noter que toutes les sources de perturbation ne sont pas discutées dans le Rapport puisque seules celles qui sont en lien direct avec les paramètres analysés dans les fiches ont été retenues pour les mettre en contexte.

Les connaissances présentées dans le Rapport peuvent être complétées avec un nouvel outil cartographique, appelé *Atlas de l'eau*, qui fait état de façon simultanée de la qualité du milieu aquatique ainsi que des pressions exercées sur celui-ci. Cet outil interactif rend disponibles de nombreuses informations inédites et permet de visualiser comment les activités agricoles, municipales et industrielles peuvent expliquer la bonne ou la moins bonne qualité de l'eau observée. Les informations disponibles concernent notamment la conformité et les caractéristiques des rejets d'eaux usées municipales et industrielles, mais également des données concernant la gestion des matières fertilisantes en milieu agricole.

Publié tous les cinq ans, le Rapport permet d'enrichir l'acquisition de données, de suivre les indicateurs et de voir l'évolution des tendances liées à l'état pour l'ensemble du Québec, en lien, notamment, avec les réponses apportées par le gouvernement pour améliorer l'état des ressources. Dans le contexte des fiches de référence et d'information pour lesquelles aucun état ne peut être associé, cette démarche permet de dresser des portraits de la situation pour des endroits précis et à des moments précis.

Le Rapport 2020 s'adresse à tous, mais plus particulièrement aux décideurs et à un public averti, car son contenu a une orientation scientifique et les sujets abordés sont peu vulgarisés, dans le but de servir de document de référence en matière de connaissances sur l'état des ressources en eau et des écosystèmes associés, mais aussi d'outil d'aide à la décision.



Photo: Stéphanie Locas

FAITS SAILLANTS



Photo: Geneviève Dufour-Tremblay



FAITS SAILLANTS

Le portrait de l'état des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques montre que **46% des indicateurs sont positifs**, notamment les aspects liés aux eaux souterraines et à certains paramètres de la qualité de l'eau du Saint-Laurent.

L'état de certains indicateurs liés au Saint-Laurent est en amélioration depuis cinq ans. Au niveau du fleuve, il s'agit de la toxicité associée à l'eau, aux sédiments et à la chair des poissons. Du côté de l'estuaire et du golfe, la population de fous de Bassan, les communautés phytoplanctoniques et la situation des algues toxiques sont également en amélioration. Toutefois, pour l'ensemble du Rapport, seuls ces six indicateurs s'améliorent et ils représentent 20% des indicateurs du Rapport présentant une tendance.

Pour les années 2017, 2018 et 2019, respectivement 94%, 98% et 98% **des plages participant au programme Environnement-Plage sont** associées à des cotes moyennes **A (excellente) et B (bonne)** pour la qualité bactériologique des eaux de baignade. L'état associé à cet indicateur se maintient. Ces résultats pourraient s'expliquer par l'emplacement des plages participant au programme, la plupart étant en bordure de lacs de villégiature, moins exposés à des sources de contamination majeures (surverses, effluents municipaux).

Qualité bactériologique des eaux de baignade des plages participant au programme Environnement-Plage

La quantité des ressources en eaux souterraines est bonne pour les aspects documentés puisqu'aucun problème de disponibilité de la ressource d'importance n'a encore été signalé. Selon l'information rapportée au Ministère, seuls quelques secteurs d'étendue limitée feraient l'objet de pressions attribuables aux prélèvements d'eau élevés (résidentiels, industriels ou agricoles) effectués dans les régions concernées pour satisfaire tous les besoins (ex.: Montérégie).

Niveau piézométrique

Recharge des eaux souterraines

La contamination de l'eau n'est pas préoccupante dans les cours d'eau du sud du Québec **pour les métaux** (aluminium, fer, cuivre, etc.) et dans le fleuve Saint-Laurent **pour les PBDE** (polybromodiphényléther, substance chimique ignifuge ajoutée aux produits de consommation pour éviter l'inflammation et la propagation des incendies). Les valeurs mesurées de ces contaminants sont en deçà des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique.

Métaux en cours d'eau

Contamination de l'eau du fleuve par les toxiques

LÉGENDE

Bon Intermédiaire Intermédiaire-mauvais Mauvais

FAITS SAILLANTS

Certaines composantes des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques apparaissent comme préoccupantes en fonction des paramètres actuellement documentés. Ce sont **21% des indicateurs** qui **démontrent un état détérioré**, comme ceux associés à la qualité de l'eau en milieu agricole.

Les rivières affichant un mauvais état des écosystèmes aquatiques et une mauvaise qualité de l'eau sont notamment **influencées par l'agriculture**. Cela est attribuable principalement aux grandes cultures, dont celles du maïs et du soya, qui nécessitent de grandes quantités de fertilisants et de pesticides. Ces cultures laissent de grandes superficies de terres à nu pendant une partie de l'année, ce qui favorise l'érosion et le transport de matières en suspension, de nutriments et de pesticides vers les cours d'eau. La forte concentration d'élevages dans certains bassins versants contribue de façon importante à la contamination de l'eau par les nutriments et les microorganismes.

- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat meuble
- Physicochimie et bactériologie des cours d'eau en milieu agricole
- Communautés de diatomées benthiques dans les petits cours d'eau en milieu agricole
- Pesticides dans les cours d'eau en milieu agricole

Dans les cours d'eau dont le bassin versant est principalement à vocation agricole et dans le lac Saint-Pierre, **certains pesticides sont souvent en concentrations supérieures aux seuils de protection pour la vie aquatique**. Selon le produit, l'amplitude de ces dépassements varie de 2 à 100 fois les critères de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques en rivière et de 1 à 10 fois dans le lac Saint-Pierre

- Pesticides dans le lac Saint-Pierre
- Pesticides dans les cours d'eau en milieu agricole

La population de béluga de l'estuaire du Saint-Laurent est menacée selon la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* du Québec et en voie de disparition du Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). Cette espèce suivie dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent est affectée en permanence par la pollution anthropique et la navigation. Son état s'est maintenu par rapport à celui du *Portrait global du Saint-Laurent de 2014*, mais la tendance historique de l'état de la population de béluga de l'estuaire est à la baisse (*Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019*).

- État de la population du béluga

Dans les basses-terres du Saint-Laurent, **la naturalité globale des cours d'eau est généralement faible**, ce qui diminue la capacité des rives à remplir leurs fonctions écologiques, soit favoriser la stabilité des rives pour contrer l'érosion ainsi que la création d'un écran solaire pour limiter le réchauffement de l'eau. On évalue cet indicateur en considérant la proportion des milieux naturels en rive et dans le bassin versant.

- Degré de naturalité des cours d'eau

LÉGENDE

Bon | Intermédiaire | Intermédiaire-mauvais | Mauvais

FAITS SAILLANTS

Ce sont 56% des espèces indigènes d'herpétofaune (reptiles et amphibiens) qui sont dans une situation précaire au Québec et, même si la situation est stable pour le moment, l'indicateur d'état qui est associé aux espèces étroitement liées à l'eau est intermédiaire-mauvais. Cela s'explique principalement par la destruction, la dégradation et la fragmentation des habitats fréquentés par les espèces documentées.

Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)

Puisque la majorité des inventaires réalisés dans le Nord québécois visent à établir un état de référence et ne font pas l'objet de suivis récurrents, aucune conclusion sur l'état des écosystèmes aquatiques n'est présentement possible pour ces indicateurs. Toutefois, les taux de mortalité élevés et le faible nombre d'individus participant à la reproduction observés sont les paramètres indiquant que l'état des populations d'omble chevalier anadrome est inquiétant pour les communautés inuites qui retirent des bénéfices alimentaires et socio-culturels importants de cette espèce de poisson.

Taux de mortalité et reproduction de populations d'omble chevalier anadrome dans le Nord québécois

Dans l'estuaire et le golfe, l'état de l'indicateur lié aux processus océanographiques (température de l'eau à différentes profondeurs, oxygène dissous et acidité) se détériore. Cela est dû principalement à une diminution de l'oxygène dissous et une augmentation de l'acidité dans les eaux profondes du golfe (*Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019*).

Processus océanographiques

Ce sont 33% des indicateurs du Rapport qui sont classés intermédiaires.

L'état se maintient pour 77% des indicateurs du Rapport. Il n'est pas possible d'analyser la tendance de l'état de 13 des 43 indicateurs, soit parce que la structure du suivi ne permet pas d'établir une tendance, soit parce que la période de suivi est trop courte pour l'observer, soit parce que les données historiques sont insuffisantes, soit parce que les analyses sont basées uniquement sur le plus récent rapport, soit parce qu'il y a une trop grande variabilité dans les paramètres analysés.

LÉGENDE

Bon Intermédiaire Intermédiaire-mauvais Mauvais

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Photo : Cédric Villeneuve

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Cette section présente une synthèse de chacune des fiches comprises dans le Rapport et qui sont utilisées pour décrire les ressources en eau et les écosystèmes aquatiques du Québec. Cette section inclut les quinze indicateurs qui sont sous la responsabilité du gouvernement fédéral et suivis dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent. Les différents types de milieux, soit les milieux humides, les lacs, les rivières, le fleuve, l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent et les milieux nordiques, sont décrits par les fiches qui leur sont associées. Certaines fiches sont liées à plus d'un milieu. Ce classement par milieu est présenté à la section *Synthèse des indicateurs*.

Les indicateurs d'état sont ceux auxquels un état est associé et pour lesquels une tendance peut être observée. Les indicateurs se répartissent en cinq catégories d'état et en trois catégories de tendance (voir la légende présentée dans la section qui suit). Des 43 indicateurs du Rapport, 11,6% sont associés à un état bon, 34,9% à un état intermédiaire-bon, 32,6% à un état intermédiaire, 11,6% à un état intermédiaire-mauvais et 9,3% à un état mauvais. Quant à l'évolution de l'état des indicateurs dans le temps, pour les 30 indicateurs pour lesquels une tendance a pu être observée, 20% des indicateurs expriment une tendance à l'amélioration, 77% au maintien et un indicateur est à la baisse. Treize indicateurs ne permettent pas d'établir une tendance à l'aide des données. Cette situation s'explique soit parce que la structure du suivi ne permet pas d'établir une tendance, soit parce que la période de suivi est trop courte pour l'observer, soit parce que les données historiques sont insuffisantes, soit parce que les analyses sont basées uniquement sur le plus récent rapport, soit parce qu'il y a une trop grande variabilité dans les paramètres analysés.

Précisons que quatre fiches dressent un portrait de la situation au Québec. Ce sont des fiches d'information et elles présentent les résultats associés à des paramètres d'importance pour la description des ressources aquatiques qui font l'objet de suivis récurrents. Trois fiches sont des états de référence et présentent les données associées à la collecte de données effectuée dans le Nord québécois dans le contexte d'échantillonnages ponctuels. Enfin, sept indicateurs sont en cours de développement et contribueront à améliorer le portrait des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques dans cinq ans.

La qualité de l'eau au Québec est caractérisée au moyen de 23 indicateurs. Selon les milieux et les paramètres étudiés, l'état de la qualité de l'eau y est très variable. Soixante-cinq pour cent des indicateurs (15 sur 23) établissent un bilan positif (bon et intermédiaire-bon), 13% (3 sur 23) sont intermédiaires alors que 22% (5 sur 23) dressent un bilan négatif (intermédiaire-mauvais et mauvais) de la situation. Les indicateurs présentant un état intermédiaire-mauvais ou mauvais sont observés dans les bassins versants où l'agriculture est présente. On retrouve entre autres, parmi les indicateurs dont l'état est classé bon et intermédiaire-bon, la contamination par les « Métaux dans les cours d'eau », la « Contamination de l'eau du fleuve par les toxiques » et l'« État trophique des lacs ». Trente et un pour cent des indicateurs (5 sur 16) ont un état affichant une tendance positive et ils sont tous associés au Saint-Laurent. Soixante-trois pour cent (10 sur 16) des indicateurs maintiennent leur état et un indicateur présente un état à la baisse, soit celui qui est associé aux « Processus océanographiques » dans l'estuaire et le golfe. Une fiche d'information est présentée sur les contaminants émergents. Deux fiches décrivent un état de référence dans le Nord québécois. Une dernière fiche présente un indicateur qui est actuellement en développement.

La faune est étudiée au moyen de 20 indicateurs. Trente pour cent des indicateurs (6 sur 20) sont dans la catégorie intermédiaire-bon, 50 % sont dans la catégorie intermédiaire (10 sur 20) et 15 % dans la catégorie intermédiaire-mauvais (3 sur 20). Un indicateur est classé mauvais, soit celui qui est associé à l'« État de la population du béluga » du Saint-Laurent. Par ailleurs, des indicateurs comme ceux qui sont associés à l'état de la « Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent », à l'« État de la population du grand héron » du fleuve et l'« État de la population de héron » de l'estuaire et du golfe sont à des niveaux encourageants. La tendance liée à l'état des indicateurs est à l'amélioration pour 14 % (2 sur 14) des indicateurs présentant une tendance. L'état se maintient pour 86 % (12 sur 14) des indicateurs et aucun indicateur n'a un état à la baisse. La faune est également décrite avec une fiche de référence sur les « Communautés de macroinvertébrés benthiques dans le Nord québécois ».

Deux indicateurs sont consacrés aux caractéristiques physiques des ressources en eau. L'indicateur lié au « Suivi de l'occupation du sol » est classé intermédiaire et l'indicateur associé au « Degré de naturalité des cours d'eau » est classé intermédiaire-mauvais. Quatre autres indicateurs sont actuellement en développement.

La flore est décrite au moyen de trois indicateurs, dont celui qui est consacré aux « Plantes aquatiques exotiques envahissantes » dont l'état est intermédiaire et la tendance au maintien. Les deux autres indicateurs permettent de caractériser l'intégrité biotique, soit celui portant sur la « Communauté phytoplanctonique dans l'estuaire et le golfe », dont l'état est intermédiaire-bon et la tendance à la hausse, et celui sur les « Communautés de diatomées benthiques dans les petits cours d'eau en milieu agricole », dont l'état est mauvais et la tendance au maintien.

Une fiche présente l'état de référence pour les « Communautés de diatomées dans le Nord québécois ». Deux autres indicateurs sont actuellement en développement.

Deux indicateurs caractérisent les aspects liés à la quantité d'eaux souterraines, soit la « Recharge » et le « Niveau piézométrique ». L'état de ces derniers est classé bon, mais aucune tendance n'est établie. La quantité d'eau est également décrite avec trois fiches d'information concernant les données liées à l'hydraulicité, celles-ci établissant un portrait de la situation au Québec.



Photo: Julie Moisan

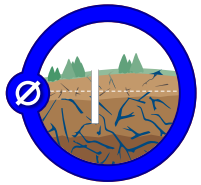
Synthèse des indicateurs

LÉGENDE:

INDICATEURS	
ÉTAT	TENDANCE
Bon	Amélioration
Intermédiaire-bon	Maintien
Intermédiaire	Détérioration
Intermédiaire-mauvais	Ne s'applique pas
Mauvais	
AUTRES	
État de référence	
Fiche d'information	
Indicateur en développement	

EAUX SOUTERRAINES

Concernant les eaux souterraines, les quatre indicateurs classés bons et intermédiaires-bons dressent bilan positif de la situation pour cette ressource. Ces indicateurs sont liés à la quantité et à la qualité de la ressource.



NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE

État: Bon
Tendance: Ne s'applique pas (données historiques insuffisantes).

L'état des ressources en eaux souterraines au Québec est considéré comme bon puisqu'aucun problème d'importance de disponibilité de la ressource n'a encore été signalé sur le territoire couvert. Seuls quelques secteurs d'étendue limitée feraient l'objet de pressions attribuables aux prélèvements d'eau élevés (résidentiels, industriels ou agricoles) effectués dans les régions concernées pour satisfaire tous les besoins (ex.: Montérégie). La tendance ne peut être établie pour cet indicateur puisque les séries de données sont encore trop courtes.



RECHARGE DES EAUX SOUTERRAINES

État: Bon
Tendance: Ne s'applique pas (données historiques insuffisantes).

L'état de cet indicateur est bon puisque les conditions climatiques actuelles au Québec permettent la recharge efficace des aquifères soutenant les usages de l'eau. Les projets du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) montrent par contre qu'elle peut varier largement sur un même territoire en fonction des conditions physiques locales et des saisons. Les projets réalisés n'ont pas permis d'établir l'évolution de ce paramètre au fil des années.



PESTICIDES DANS LES EAUX SOUTERRAINES EN MILIEU AGRICOLE

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Ne s'applique pas
(la structure du suivi ne le permet pas).

De 2012 à 2018, l'état de cet indicateur est classé intermédiaire-bon puisque, dans les 208 puits privés échantillonnés en milieu en agricole, aucun pesticide n'a été détecté dans 60 % des puits, alors que les autres montraient la présence de très faibles concentrations de pesticides qui respectaient largement les normes ou les valeurs de référence existantes pour l'eau potable. Comme les suivis sont récents, la tendance ne peut être évaluée.



RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS DANS LES EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINES

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Ne s'applique pas
(état basé sur le dernier rapport).

Selon le rapport de 2018 du Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE) pour les installations nucléaires de Gentilly-2 et des laboratoires de Chalk River, les concentrations des radionucléides détectés dans les échantillons demeurent sous les niveaux de référence, normes et recommandations pour l'eau de surface ou l'eau potable. Puisqu'il y a tout de même détection de radionucléides artificiels en petites quantités dans les eaux de surface ou souterraines, l'état de cet indicateur est jugé intermédiaire-bon. La tendance ne peut être évaluée pour cet indicateur puisque seul le rapport 2018 a été utilisé.

MILIEUX HUMIDES

Les deux indicateurs associés aux milieux humides se situent aux niveaux intermédiaire et intermédiaire-mauvais, leur état étant préoccupant, mais nécessitant une meilleure connaissance. Trois nouveaux indicateurs sont en développement. Ces milieux sont décrits à partir de leurs composantes fauniques.



POPULATION DE SAUVAGINE

État: Intermédiaire
Tendance: Ne s'applique pas
(données historiques insuffisantes).

L'état global de cet indicateur est intermédiaire puisque l'état individuel des espèces suivies est intermédiaire-bon pour le canard noir avec une tendance à la baisse depuis 2000, intermédiaire-mauvais pour le garrot d'Islande (population de l'Est) et, finalement, intermédiaire pour l'arlequin plongeur avec une hausse apparente des effectifs pour ces deux dernières espèces, mais sans tendance établie. Les données historiques sont insuffisantes et trop incertaines pour statuer sur les tendances.



RANG S ET INDICE DE PÉRENNITÉ (REPTILES ET AMPHIBIENS)

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Maintien

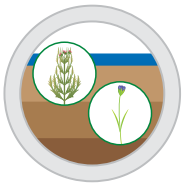
L'analyse des données de 2019 permet de classer l'état de cet indicateur au niveau intermédiaire-mauvais puisque 56 % des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec sont considérées comme étant dans une situation précaire. L'état se maintient par rapport aux calculs précédents (1998, 2005, 2012). L'indicateur concerne toutes les espèces indigènes de reptiles et d'amphibiens (deux groupes d'espèces fauniques particulièrement en danger au Québec et dans le monde) pour l'ensemble du territoire québécois et non pour des populations localisées.



ÉCOLOGIE ET BIODIVERSITÉ FLORISTIQUE EN MILIEUX HUMIDES

Indicateur en développement*

La fiche fait un portrait général de la biodiversité floristique au Québec. Pour la réalisation de l'indicateur, des tourbières et des marais situés dans trois régions des basses-terres du Saint-Laurent seront suivis.



ESPÈCES FLORISTIQUES EN SITUATION PRÉCAIRE

Indicateur en développement*

Le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) dispose de renseignements sur 786 occurrences historiques, regroupant 76 espèces floristiques en situation précaire qui croissent dans des milieux humides et hydriques de même que dans les alvars. Ces derniers sont des habitats ouverts reposant sur des roches calcaires ou dolomitiques parfois recouvertes d'une mince couche de terre. Le suivi de l'indicateur se fait sur ces espèces floristiques aquatiques facultatives ou obligées des milieux humides et hydriques, tels que les eaux libres, les herbiers, les marais, les marécages, les rives de lac et de cours d'eau et les tourbières.



ÉVOLUTION SPATIOTEMPORELLE DES MILIEUX HUMIDES

Indicateur en développement*

Une première estimation basée sur une cartographie des milieux humides potentiels indique que les milieux humides au Québec représenteraient 11 % de la superficie totale de la province. Cependant, cet indicateur ainsi que les deux autres liés au boisement des tourbières et à la caractérisation des mares sont en développement, ce qui ne nous permet pas d'établir un état ou une tendance pour la présente version du rapport.

*Les indicateurs en développement ne présentent aucun état ni aucune tendance.

LACS

Les huit indicateurs associés aux lacs sont classés de bon à intermédiaire-mauvais, le niveau intermédiaire étant le plus commun (5 sur 8). Pour les cinq indicateurs pouvant faire ressortir une tendance, celle-ci est stable. Le milieu est décrit à l'aide d'indicateurs liés à la faune, à la flore et à la qualité de l'eau. Ce sont principalement les indicateurs liés à la faune et à la flore qui affichent de mauvais résultats, ceux qui sont associés à la qualité de l'eau ressortant comme bons.



QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX DE BAIGNADE DES PLAGES PARTICIPANT AU PROGRAMME ENVIRONNEMENT-PLAGE

État: Bon
Tendance: Maintien

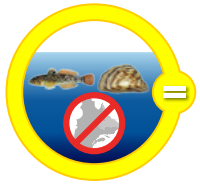
Entre 2017 et 2019, la qualité bactériologique des eaux de baignade des plages du Québec ayant été mesurée dans le cadre du programme Environnement-Plage a été caractérisée respectivement par 169, 161 et 151 cotes moyennes A (excellente), 52, 70 et 51 cotes moyennes B (bonne), 11, 3 et 3 cotes moyennes C (passable) ainsi que 4, 1 et 2 cotes moyennes D (polluée). En se basant sur les données disponibles, l'état global des eaux de baignade des plages participant au programme semble refléter un bilan positif. La tendance de l'indicateur se maintient pour la période en question.



ÉTAT TROPHIQUE DES LACS

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Ne s'applique pas (période de suivi trop courte).

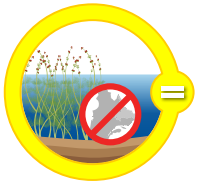
Sur les 464 lacs du Réseau de suivi volontaire des lacs (RSVL) ayant fait l'objet d'un suivi de la qualité de l'eau en 2018 et 2019, 43 % sont ultra-oligotrophes ou oligotrophes, 31 % sont oligo-mésotrophes, 16 % sont mésotrophes, 8 % sont méso-eutrophes et 2 % sont eutrophes ou hyper-eutrophes. Ces résultats reflètent le degré d'eutrophisation dans la masse d'eau principale des lacs. L'évaluation complète de l'état trophique doit tenir compte de l'importance de la végétation dans les zones littorales, notamment le périphyton qui est considéré comme un bon indicateur de l'enrichissement des lacs et qui a été mesuré dans 85 lacs depuis 2011 pour compléter les suivis épilimniques. Selon l'analyse qui a été faite pour produire cet indicateur, il est impossible d'établir une tendance.



INDICE D'INTRODUCTION DES ESPÈCES ANIMALES AQUATIQUES ENVAHISSANTES

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

Globalement, l'état de l'indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes (EAAE) est intermédiaire puisque, depuis 1985, les EAAE s'accumulent dans les eaux québécoises. Certaines périodes ont montré des accumulations croissantes d'EAAE (1985-1995 et 2015-2020) et d'autres montrent un faible ou très faible indice d'introduction (1995-2005, 2010-2015). L'état de l'indicateur est donc au maintien, puisque la situation est similaire à celle des périodes précédentes.



PLANTES AQUATIQUES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

Le nombre de plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) présentes au Québec (sept) et leur répartion actuelle connue forment l'indicateur sur les PAEE qui est actuellement classé intermédiaire. Selon l'historique de l'introduction et de la propagation de chaque PAEE et les plus récents résultats des activités de détection, l'état se maintient. La châtaigne d'eau est la PAEE qui représente le plus grand risque pour la biodiversité des plans d'eau peu profonds du sud du Québec et le myriophylle à épis est celle qui a la plus grande répartition au Québec.



RANG S ET INDICE DE PÉRENNITÉ (POISSONS ET MOULES D'EAU DOUCE)

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

L'analyse des données de 2019 permet de classer l'état de cet indicateur au niveau intermédiaire, même si 21 % des espèces de poissons et 77 % des espèces de moules sont considérées en situation précaire au Québec. L'état se maintient par rapport aux calculs précédents (depuis 1998). L'indicateur concerne toutes les espèces indigènes de poissons (d'eau douce et diadromes) et de moules d'eau douce sur l'ensemble du territoire québécois.



ESPÈCES SPORTIVES DES EAUX INTÉRIEURES

État: Intermédiaire
Tendance: Ne s'applique pas (données historiques insuffisantes).

L'état de cet indicateur est globalement intermédiaire avec une variabilité entre les espèces. En effet, en lac, 70 % des populations de doré jaune sont stables (1988-2008), 10 % des populations de touladi ont augmenté (1988-2002) et seulement 21 % des populations d'omble de fontaine sont à l'équilibre. Les inventaires antérieurs pour cette espèce ne sont pas assez nombreux pour évaluer la tendance.



POPULATION DE SAUVAGINE

État: Intermédiaire
Tendance: Ne s'applique pas (données historiques insuffisantes).

L'état global de cet indicateur est intermédiaire puisque l'état individuel des espèces suivies est intermédiaire-bon pour le canard noir avec une tendance à la baisse depuis 2000, intermédiaire-mauvais pour le garrot d'Islande (population de l'Est) et, finalement, intermédiaire pour l'arlequin plongeur avec une hausse apparente des effectifs pour ces deux dernières espèces, mais sans tendance établie. Les données historiques sont insuffisantes et trop incertaines pour statuer sur les tendances.



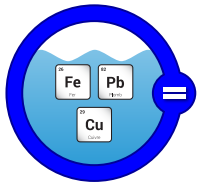
RANG S ET INDICE DE PÉRENNITÉ (REPTILES ET AMPHIBIENS)

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Maintien

L'analyse des données de 2019 permet de classer l'état de cet indicateur au niveau intermédiaire-mauvais puisque 56 % des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec sont considérées comme étant dans une situation précaire. L'état se maintient par rapport aux calculs précédents (1998, 2005, 2012). L'indicateur concerne toutes les espèces indigènes de reptiles et d'amphibiens (deux groupes d'espèces fauniques particulièrement en danger au Québec et dans le monde) pour l'ensemble du territoire québécois et non pour des populations localisées.

RIVIÈRES

Les rivières sont décrites avec plusieurs indicateurs (16, soit 36 % des indicateurs du Rapport) qui couvrent les composantes liées à la faune, à la flore, aux caractéristiques physiques, à la quantité et la qualité de l'eau. La tendance de l'état est au maintien pour tous les indicateurs. Les caractéristiques fauniques et floristiques se retrouvent classées aux niveaux intermédiaire et intermédiaire-mauvais. Les indicateurs liés à la qualité de l'eau et à l'intégrité biotique mettent en évidence les conséquences de l'utilisation du territoire sur la qualité de l'eau et de l'habitat et leurs états varient de bon à mauvais. Les indicateurs mesurés dans les petits cours d'eau qui sont influencés par l'agriculture affichent un état global mauvais (3) ou intermédiaire-mauvais (1) au niveau de l'intégrité biotique des écosystèmes aquatiques et de la qualité de l'eau. Pour les grands tributaires du fleuve et les petits cours d'eau à substrat grossier, la qualité de l'eau et l'intégrité biotique sont classées intermédiaires-bonnes. Ajoutons que trois indicateurs sont en développement et que quatre fiches d'information complètent le portrait des rivières au niveau de l'hydrométrie.



MÉTAUX EN COURS D'EAU

État: Bon
Tendance: Maintien

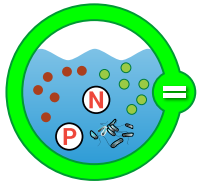
Pour la période 2015 à 2017, l'état de l'indicateur est bon et se maintient puisqu'aux neuf stations suivies en continu les concentrations de la forme dissoute des 21 métaux analysés sont faibles et respectent les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique et que cet état est similaire à celui de la période 2010-2012.



QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX DE BAIGNADE DES PLAGES PARTICIPANT AU PROGRAMME ENVIRONNEMENT-PLAGE

État: Bon
Tendance: Maintien

Entre 2017 et 2019, la qualité bactériologique des eaux de baignade des plages du Québec ayant été mesurée dans le cadre du programme Environnement-Plage a été caractérisée respectivement par 169, 161 et 151 cotes moyennes A (excellente), 52, 70 et 51 cotes moyennes B (bonne), 11, 3 et 3 cotes moyennes C (passable) ainsi que 4, 1 et 2 cotes moyennes D (polluée). En se basant sur les données disponibles, l'état global des eaux de baignade des plages participant au programme semble refléter un bilan positif. La tendance de l'indicateur se maintient pour la période en question.



PHYSICOCHIMIE ET BACTÉRIOLOGIE DES TRIBUTAIRES DU FLEUVE

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien

Pour la période 2015-2017, l'état global des 22 cours d'eau analysés est intermédiaire-bon selon cet indicateur puisque la moitié de ces tributaires ont une qualité de l'eau bonne ou satisfaisante, cinq ont une qualité douteuse et six ont une mauvaise ou très mauvaise qualité de l'eau. Ces six rivières sont affectées par les activités agricoles et cinq de celles-ci alimentent le tronçon fluvial du fleuve Saint-Laurent, puis le lac Saint-Pierre. Les paramètres dépassant le plus souvent les critères de qualité de l'eau ou les valeurs repères sont la turbidité et le phosphore total. Il n'y a pas de tendance à court terme pour cet indicateur, puisque l'état intermédiaire-bon est le même que pour la période de 2010-2012. Toutefois, entre 1979 et 2017, les concentrations et les charges en phosphore total, en azote ammoniacal et en coliformes fécaux montrent une tendance significative à la baisse dans la plupart des rivières, alors qu'elles sont à la hausse pour les nitrates.



COMMUNAUTÉS DE MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES – SUBSTRAT GROSSIER

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Ne s'applique pas (période de suivi trop courte).

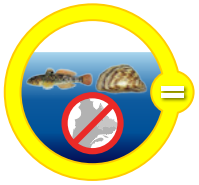
Pour la période 2011-2016, l'état global de l'indicateur des petits cours d'eau à substrat grossier est intermédiaire-bon. Quarante-six pour cent des échantillons affichent un indice de santé du benthos (ISB_g) sous le seuil du bon état. Lorsque l'agriculture occupe plus de 50 % du territoire, aucun échantillon prélevé ne présente une communauté de macroinvertébrés benthiques en bon état. La période de suivi est encore trop courte pour évaluer une tendance.



RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS DANS LES EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINES

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Ne s'applique pas
(état basé sur le dernier rapport).

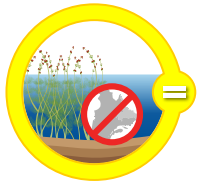
Selon le rapport de 2018 du Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE) pour les installations nucléaires de Gentilly-2 et des laboratoires de Chalk River, les concentrations des radionucléides détectés dans les échantillons demeurent sous les niveaux de référence, normes et recommandations pour l'eau de surface ou l'eau potable. Puisqu'il y a tout de même détection de radionucléides artificiels en petites quantités dans les eaux de surface ou souterraines, l'état de cet indicateur est jugé intermédiaire-bon. La tendance ne peut être évaluée pour cet indicateur puisque seul le rapport 2018 a été utilisé.



INDICE D'INTRODUCTION DES ESPÈCES ANIMALES AQUATIQUES ENVAHISSANTES

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

Globalement, l'état de l'indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes (EAAE) est intermédiaire puisque, depuis 1985, les EAAE s'accumulent dans les eaux québécoises. Certaines périodes ont montré des accumulations croissantes d'EAAE (1985-1995 et 2015-2020) et d'autres montrent un faible ou très faible indice d'introduction (1995-2005, 2010-2015). L'état de l'indicateur est donc au maintien, puisque la situation est similaire à celle des périodes précédentes.



PLANTES AQUATIQUES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

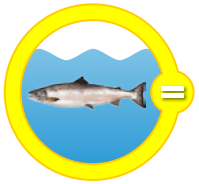
Le nombre de plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) présentes au Québec (sept) et leur répartition actuelle connue forment l'indicateur sur les PAEE qui est actuellement classé intermédiaire. Selon l'historique de l'introduction et de la propagation de chaque PAEE et les plus récents résultats des activités de détection, l'état se maintient. La châtaigne d'eau est la PAEE qui représente le plus grand risque pour la biodiversité des plans d'eau peu profonds du sud du Québec et le myriophylle à épis est celle qui a la plus grande répartition au Québec.



RANG S ET INDICE DE PÉRENNITÉ (POISSONS ET MOULES D'EAU DOUCE)

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

L'analyse des données de 2019 permet de classer l'état de cet indicateur au niveau intermédiaire, même si 21 % des espèces de poissons et 77 % des espèces de moules sont considérées en situation précaire au Québec. L'état se maintient par rapport aux calculs précédents (depuis 1998). L'indicateur concerne toutes les espèces indigènes de poissons (d'eau douce et diadromes) et de moules d'eau douce sur l'ensemble du territoire québécois.



SEUIL DE CONSERVATION DU SAUMON

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

L'état des rivières à saumon du Québec, basé sur l'atteinte des seuils de conservation, est classé intermédiaire puisque, globalement, la population de saumon atlantique atteint son seuil de conservation démographique, mais pas son seuil de conservation optimal. En effet, pour la période, la moyenne d'atteinte des seuils de conservation calculée sur 35 rivières révèle que 17 se classent dans un état bon, 16 dans un état intermédiaire et 2 dans un mauvais état.L'état est au maintien depuis le début des années 2000, malgré des fluctuations annuelles.



POPULATION DE SAUVAGINE

État: Intermédiaire
Tendance: Ne s'applique pas (données historiques insuffisantes).

L'état global de cet indicateur est intermédiaire puisque l'état individuel des espèces suivies est intermédiaire-bon pour le canard noir avec une tendance à la baisse depuis 2000, intermédiaire-mauvais pour le garrot d'Islande (population de l'Est) et, finalement, intermédiaire pour l'arlequin plongeur avec une hausse apparente des effectifs pour ces deux dernières espèces, mais sans tendance établie. Les données historiques sont insuffisantes et trop incertaines pour statuer sur les tendances.



RANG S ET INDICE DE PÉRENNITÉ (REPTILES ET AMPHIBIENS)

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Maintien

L'analyse des données de 2019 permet de classer l'état de cet indicateur au niveau intermédiaire-mauvais puisque 56 % des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec sont considérées comme étant dans une situation précaire. L'état se maintient par rapport aux calculs précédents (1998, 2005, 2012). L'indicateur concerne toutes les espèces indigènes de reptiles et d'amphibiens (deux groupes d'espèces fauniques particulièrement en danger au Québec et dans le monde) pour l'ensemble du territoire québécois et non pour des populations localisées.



COMMUNAUTÉS DE MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES – SUBSTRAT MEUBLE

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Ne s'applique pas (période de suivi trop courte).

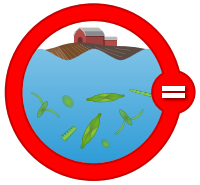
Pour la période 2011-2016, l'état global de l'indicateur des communautés benthiques de cours d'eau de substrat meuble est intermédiaire-mauvais. Soixante-treize pour cent des échantillons affichent un indice de santé du benthos (ISB_m) sous le seuil de bon état. Seulement 27 % des échantillons prélevés présentent des communautés de macroinvertébrés benthiques en bon état. La plupart des 48 cours d'eau suivis sont situés dans des bassins versants à vocation agricole. La période de suivi est encore trop courte pour évaluer une tendance.



DEGRÉ DE NATURALITÉ DES COURS D'EAU

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Ne s'applique pas (période de suivi trop courte).

L'état global de cet indicateur est intermédiaire-mauvais dans les basses-terres du Saint-Laurent malgré la variabilité de la naturalité des cours d'eau selon la région naturelle dans laquelle il se situe. La naturalité des cours d'eau est évaluée localement (rives de 15 mètres) et au niveau du bassin versant. La plupart des cours d'eau évalués possèdent un degré de naturalité faible, diminuant leur capacité à remplir certaines fonctions écologiques. L'indicateur est nouveau, donc sans tendance.



COMMUNAUTÉS DE DIATOMÉES BENTHIQUES DANS LES PETITS COURS D'EAU EN MILIEU AGRICOLE

État: Mauvais
Tendance: Maintien

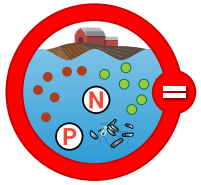
Pour la période 2015-2017, l'état global des 59 petits cours d'eau à vocation surtout agricole est considéré comme mauvais selon cet indicateur, puisque seulement 3% des stations sont en bon état biotique, 14% sont en état précaire, 24% sont en mauvais état et 59% sont en très mauvais état. À 43 stations également échantillonnées en 2010-2012, l'état biotique était généralement mauvais. L'indicateur s'est donc maintenu au même niveau de 2010-2012 à 2015-2017.



PESTICIDES DANS LES COURS D'EAU EN MILIEU AGRICOLE

État: Mauvais
Tendance: Maintien

De 2012 à 2017, l'état de l'indicateur est qualifié de mauvais et se maintient dans cette classe puisque, pour les suivis réalisés dans 46 rivières en territoire agricole, de 3 à 34 pesticides sont détectés, dont plusieurs dépassent les critères de qualité de l'eau établis pour la protection des espèces aquatiques (CVAC). Ainsi, 24 rivières montrent des dépassements des CVAC dans plus de 50% des échantillons, sept les dépassent dans 21% à 50% des échantillons, 12 dans 1% à 20% des échantillons et trois rivières ne montrent aucun dépassement.



PHYSICOCHIMIE ET BACTÉRIOLOGIE DES COURS D'EAU EN MILIEU AGRICOLE

État: Mauvais
Tendance: Maintien

Pour la période 2015-2017, l'état global des 22 cours d'eau dont l'agriculture occupe entre 25% et 80% du territoire de leur bassin versant, est mauvais selon cet indicateur puisque 17 cours d'eau sont dans la classe de qualité mauvaise ou très mauvaise, quatre présentent une qualité douteuse et un seul est de qualité satisfaisante. Les paramètres dépassant le plus souvent les critères de qualité de l'eau ou les valeurs repères sont le phosphore total (moyenne: 85%), ainsi que l'azote total et la turbidité (moyennes: 68% et 72%). L'état de cet indicateur s'est maintenu à mauvais par rapport à la période de 2010-2012. Toutefois, entre 2002 et 2017, la majorité des stations montrent une tendance significative à la baisse des concentrations d'azote ammoniacal et une stabilité des charges. Il n'y a pas de tendance significative, à la majorité des stations, pour les six autres paramètres analysés.



CONTAMINANTS ÉMERGENTS: LE CAS DES COMPOSÉS PERFLUORÉS

Fiche d'information*

Aucun indicateur ne permet de statuer de façon globale sur l'ensemble des contaminants émergents. La fiche porte donc sur une catégorie de ces substances: les composés perfluorés. Ce contaminant n'est pas le seul d'intérêt émergent pour lequel une diminution des concentrations dans les cours d'eau a été constatée à la suite de l'adoption de mesures de contrôle promulguées dans le cadre de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (L.C. 1999, ch. 33) de 1999 (LCPE) et du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC).



HYDRAULICITÉ: Q MOYEN ANNUEL

Fiche d'information*

Les événements hydrologiques sont intimement liés aux systèmes météorologiques et, à plus long terme, à la climatologie. Ces fiches font le portrait de la situation au Québec des débits des cours d'eau et expliquent les paramètres et leurs projections.



RÉGIME D'ÉCOULEMENT: CRUES

Fiche d'information*

Les événements hydrologiques sont intimement liés aux systèmes météorologiques et, à plus long terme, à la climatologie. Ces fiches font le portrait de la situation au Québec des débits des cours d'eau et expliquent les paramètres et leurs projections.



RÉGIME D'ÉCOULEMENT: ÉTIAGES

Fiche d'information*

Les événements hydrologiques sont intimement liés aux systèmes météorologiques et, à plus long terme, à la climatologie. Ces fiches font le portrait de la situation au Québec des débits des cours d'eau et expliquent les paramètres et leurs projections.

*Les fiches d'information ne présentent aucun état ni aucune tendance.



ÉTAT DES ÉCOSYSTÈMES RIVERAINS

Indicateur en développement*

L'état de l'écosystème riverain (ISÉÉR) sera déterminé à partir d'un outil géomatique s'appuyant sur des principes écosystémiques, c'est-à-dire ciblant des variables structurelles et fonctionnelles pour maintenir la qualité de l'eau et de la biodiversité. Les résultats permettront d'établir et de suivre l'état écologique général des milieux riverains.



INDICE DE QUALITÉ MORPHOLOGIQUE (IQM)

Indicateur en développement*

L'état hydrogéomorphologique des cours d'eau du Québec sera déterminé à partir d'un outil d'aide à la décision récemment développé qui intègre l'indice de qualité morphologique (IQM). Cet indice compare l'état d'un cours d'eau à un état de référence jugé optimal au regard des pressions observées et son usage permet d'évaluer les impacts ou les gains environnementaux associés à une intervention.



SELS DE VOIRIE – CHLORURES ET IONS MAJEURS ASSOCIÉS

Indicateur en développement*

La fiche dresse un portrait succinct de la problématique des sels de voirie au Québec et présente le suivi effectué à près de 220 des 261 stations du Réseau-rivières de 2019 à 2021, dans le cadre de la Stratégie québécoise sur l'eau.

*Les indicateurs en développement ne présentent aucun état ni aucune tendance.

FLEUVE

Le fleuve Saint-Laurent est décrit au moyen de 17 indicateurs, dont près de la moitié (7) sont classés bons ou intermédiaires-bons. De plus, quatre indicateurs montrent une tendance à l'amélioration. Environ la moitié des indicateurs portent sur la qualité de l'eau et l'autre sur la faune. Le Suivi de l'occupation du sol est le seul indicateur qui porte sur des caractéristiques physiques du milieu. Un indicateur est également en développement et une fiche d'information est présentée sur les contaminants émergents.



CONTAMINATION DE L'EAU DU FLEUVE PAR LES TOXIQUES

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Bon

Tendance: Amélioration

L'état global de la qualité de l'eau du tronçon fluvial du Saint-Laurent pour la période 2012-2017 est bon puisqu'aucun dépassement des seuils de critères de la qualité de l'eau n'a été observé pour les métaux lourds analysés. C'est une amélioration assez considérable par rapport à l'état de 2007-2012 (*Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2014*), qui était jugé « intermédiaire ».



CONTAMINATION DES POISSONS PAR LES TOXIQUES EN EAU DOUCE

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Amélioration

L'état global est classé intermédiaire-bon malgré les différences spatiales selon le contaminant. Trois contaminants (mercure, BPC et PBDE) sont mesurés dans les chairs de poisson provenant de trois lacs fluviaux (le lac Saint-François, le lac Saint-Louis et le lac Saint-Pierre). Selon la région et le contaminant, la tendance se maintient ou s'améliore légèrement.



CONTAMINATION DES SÉDIMENTS DES LACS FLUVIAUX PAR LES TOXIQUES

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Amélioration

L'état global est intermédiaire-bon et la tendance est à l'amélioration malgré les variations entre les secteurs et à l'intérieur même de secteurs. Le suivi de la qualité des sédiments est effectué tous les dix ans puisque les changements dans les concentrations de contaminants dans les sédiments ne surviennent que très lentement. Les sites faisant l'objet de suivi de la qualité des sédiments de surface entre 2013 et 2017 se situent aux lacs Saint-Louis et Saint-Pierre ainsi que tout au long du tronçon fluvial entre les îles de Boucherville et Lavaltrie sur la rive nord. Sur la rive sud, seul le secteur des îles de Contrecœur a été échantillonné.

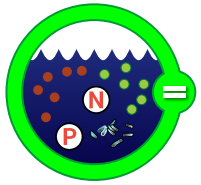


ÉTAT DE LA POPULATION DU GRAND HÉRON

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien

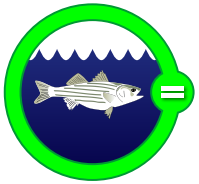
Pour statuer sur l'état de cet indicateur, les concentrations des contaminants notées durant la période 2011-2016 ont été comparées avec les données historiques, de même qu'avec des critères ou seuils de toxicité tirés de la littérature scientifique. Selon les résultats obtenus, l'état global de la contamination du grand héron du corridor fluvial est classé intermédiaire-bon malgré une légère différence entre les groupes de contaminants aux différents sites de suivi. L'état s'est maintenu depuis le *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2014*.



PHYSICOCHIMIE ET BACTÉRIOLOGIE DES MASSES D'EAU DU FLEUVE

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien

La qualité des grandes masses d'eau du fleuve selon l'$IQBP_5$ est intermédiaire-bon. Près de la moitié des 27 sites de suivi présentent une eau de bonne qualité et le tiers affichent une qualité satisfaisante. En revanche, deux sites affichent une eau de qualité mauvaise ou très mauvaise. L'indicateur se maintient, l'état correspondant à celui qui a été observé dans les portraits antérieurs. Toutefois, entre 1995 et 2017, les concentrations de coliformes fécaux et d'azote ammoniacal ont stagné, alors que celles pour la chlorophylle α augmenté dans la majorité des sites. Entre 1995 et 2011, les concentrations en phosphore ont diminué dans près de la moitié des sites.



POPULATION DU BAR RAYÉ DU FLEUVE SAINT-LAURENT

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien

L'état de l'indicateur sur la population de bar rayé du Saint-Laurent s'est maintenu par rapport à la dernière évaluation faite en 2014 puisque les données au sujet de la croissance et de la répartition des individus sont considérées comme étant bonnes, alors que celles touchant la reproduction et l'abondance sont considérées comme intermédiaires.



RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS DANS LES EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINES

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Ne s'applique pas (état basé sur le dernier rapport).

Selon le rapport de 2018 du Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE) pour les installations nucléaires de Gentilly-2 et des laboratoires de Chalk River, les concentrations des radionucléides détectés dans les échantillons demeurent sous les niveaux de référence, normes et recommandations pour l'eau de surface ou l'eau potable. Puisqu'il y a tout de même détection de radionucléides artificiels en petites quantités dans les eaux de surface ou souterraines, l'état de cet indicateur est jugé intermédiaire-bon. La tendance ne peut être évaluée pour cet indicateur puisque seul le rapport 2018 a été utilisé.

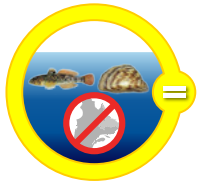


COMMUNAUTÉS DES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES RIVERAINS

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

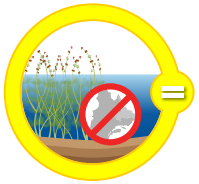
L'état global des communautés benthiques du Saint-Laurent durant la période 2013-2018 est intermédiaire. Cependant, les quatre régions de suivi de cet indicateur ne présentent pas le même constat, malgré les fluctuations interannuelles importantes dans certains secteurs. L'état s'est maintenu par rapport à celui qui a été présenté dans le *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2014.*



INDICE D'INTRODUCTION DES ESPÈCES ANIMALES AQUATIQUES ENVAHISSANTES

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

Globalement, l'état de l'indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes (EAAE) est intermédiaire puisque, depuis 1985, les EAAE s'accumulent dans les eaux québécoises. Certaines périodes ont montré des accumulations croissantes d'EAAE (1985-1995 et 2015-2020) et d'autres montrent un faible ou très faible indice d'introduction (1995-2005, 2010-2015). L'état de l'indicateur est donc au maintien, puisque la situation est similaire à celle des périodes précédentes.



PLANTES AQUATIQUES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

Le nombre de plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) présentes au Québec (sept) et leur répartion actuelle connue forment l'indicateur sur les PAEE qui est actuellement classé intermédiaire. Selon l'historique de l'introduction et de la propagation de chaque PAEE et les plus récents résultats des activités de détection, l'état se maintient. La châtaigne d'eau est la PAEE qui représente le plus grand risque pour la biodiversité des plans d'eau peu profonds du sud du Québec et le myriophylle à épis est celle qui a la plus grande répartition au Québec.



RANG S ET INDICE DE PÉRENNITÉ (POISSONS ET MOULES D'EAU DOUCE)

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

L'analyse des données de 2019 permet de classer l'état de cet indicateur au niveau intermédiaire, même si 21 % des espèces de poissons et 77 % des espèces de moules sont considérées en situation précaire au Québec. L'état se maintient par rapport aux calculs précédents (depuis 1998). L'indicateur concerne toutes les espèces indigènes de poissons (d'eau douce et diadromes) et de moules d'eau douce sur l'ensemble du territoire québécois.



SITES POTENTIELS DE BAIGNADE DU FLEUVE

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

L'état global des 16 sites potentiels de baignade pour les années 2017 à 2019 est intermédiaire puisque près de 65 % des sites présentent un potentiel de baignade bon ou très bon. À ces sites, la baignade est possible au moins 70 % du temps et la cote médiane annuelle de qualité de l'eau est A (excellente), B (bonne) ou C (passable). Cet état demeure inchangé par rapport à la période 2007 à 2009.



SUIVI DE L'OCCUPATION DU SOL

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

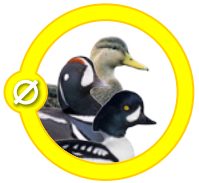
L'état global relatif à l'occupation du sol du Saint-Laurent en 2015 est intermédiaire avec une tendance générale stable. Le constat des trois indices (la pression anthropique directe, la protection des cours d'eau et l'interconnexion des milieux naturels) a été approximativement identique pour l'ensemble des sous-bassins étudiés. L'étude de cet indicateur permet d'évaluer la relation qui existe entre l'état des rives, l'occupation de leurs bassins et l'état de la qualité des eaux et des écosystèmes du fleuve.



COMMUNAUTÉS DE POISSONS DU FLEUVE

État: Intermédiaire
Tendance: Ne s'applique pas
(trop grande variabilité des paramètres).

L'état global des communautés de poissons du fleuve est intermédiaire malgré la grande variabilité affichée par les divers indicateurs; l'utilisation de plusieurs indicateurs est essentielle afin de représenter toutes les nuances entre les secteurs et les espèces. La variabilité entre les secteurs et les espèces ne permet pas d'établir une tendance globale sur l'état des communautés de poissons.



POPULATION DE SAUVAGINE

État: Intermédiaire
Tendance: Ne s'applique pas
(données historiques insuffisantes).

L'état global de cet indicateur est intermédiaire puisque l'état individuel des espèces suivies est intermédiaire-bon pour le canard noir avec une tendance à la baisse depuis 2000, intermédiaire-mauvais pour le garrot d'Islande (population de l'Est) et, finalement, intermédiaire pour l'arlequin plongeur avec une hausse apparente des effectifs pour ces deux dernières espèces, mais sans tendance établie. Les données historiques sont insuffisantes et trop incertaines pour statuer sur les tendances.



RANG S ET INDICE DE PÉRENNITÉ (REPTILES ET AMPHIBIENS)

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Maintien

L'analyse des données de 2019 permet de classer l'état de cet indicateur au niveau intermédiaire-mauvais puisque 56 % des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec sont considérées comme étant dans une situation précaire. L'état se maintient par rapport aux calculs précédents (1998, 2005, 2012). L'indicateur concerne toutes les espèces indigènes de reptiles et d'amphibiens (deux groupes d'espèces fauniques particulièrement en danger au Québec et dans le monde) pour l'ensemble du territoire québécois et non pour des populations localisées.



PESTICIDES DANS LE LAC SAINT-PIERRE

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Ne s'applique pas
(période de suivi trop courte).

Pour la période de 2014 et 2015, l'état de l'indicateur est qualifié d'intermédiaire-mauvais puisque, pour les suivis réalisés à six stations dans les eaux peu profondes du lac Saint-Pierre, 23 pesticides ont été détectés, dont plusieurs dépassent les critères de vie aquatique chronique (CVAC). De plus, de deux à six pesticides ont été détectés dans les échantillons prélevés au printemps 2013 dans les secteurs inondés bordant le lac et fréquentés par la perchaude durant la période de reproduction, d'incubation des œufs et d'alevinage. Ce sont des pesticides utilisés dans les grandes cultures au cours de la saison de production qui précède l'inondation. D'autres données devront être prélevées pour pouvoir établir une tendance.



CONTAMINANTS ÉMERGENTS: LE CAS DES COMPOSÉS PERFLUORÉS

Fiche d'information*

Aucun indicateur ne permet de statuer de façon globale sur l'ensemble des contaminants émergents. La fiche porte donc sur une catégorie de ces substances: les composés perfluorés. Ce contaminant n'est pas le seul d'intérêt émergent pour lequel une diminution des concentrations dans les cours d'eau a été constatée à la suite de l'adoption de mesures de contrôle promulguées dans le cadre de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (L.C. 1999, ch. 33) de 1999 (LCPE) et du Plan de gestion des produits chimiques (PGPC).



MOBILITÉ DE LA LIGNE DE RIVAGE DU FLEUVE

Indicateur en développement*

La caractérisation des berges de la partie fluviale du Saint-Laurent est en cours et sera présentée comme un état de référence pour les futurs suivis à haute résolution sur la mobilité de la ligne de rivage du Saint-Laurent dans le prochain rapport. On y apprend que les principaux produits cartographiques sont disponibles depuis le printemps 2020, soit la cartographie des types de côtes et des unités hydrosédimentaires et le répertoire des secteurs les plus vulnérables à l'érosion.

*Les fiches d'information et les indicateurs en développement ne présentent aucun état ni aucune tendance.

ESTUAIRE ET GOLFE

Pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, cinq des dix indicateurs sont intermédiaire-bon. L'état de deux de ceux-ci est à la hausse et l'état des autres indicateurs se maintient. Quatre des cinq autres indicateurs sont classés intermédiaires. La majorité des indicateurs sont associés aux composantes biotiques (faune et flore) du milieu tandis qu'un indicateur est associé à la qualité physicochimique de l'eau (« Processus océanographiques ») dont l'état est à la baisse.



COMMUNAUTÉ PHYTOPLANCTONIQUE DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Amélioration

L'étude de cet indicateur classe son état global comme intermédiaire-bon pour la période 2013-2017 avec cependant des disparités entre les secteurs de suivi. Le phytoplancton est à la base de la chaîne alimentaire dans le milieu marin. Tout comme les plantes du milieu terrestre, il a la capacité de convertir le carbone inorganique (CO_2) en carbone organique par la photosynthèse. Le carbone organique peut ensuite être utilisé comme source d'énergie par les maillons trophiques supérieurs. La tendance associée à l'état de cet indicateur est légèrement à l'amélioration par rapport à la période 2008-2012.



SUIVI DES ALGUES TOXIQUES DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Amélioration

Quatre indices sont utilisés pour statuer sur l'état et la tendance des algues toxiques pour chaque station, soit la fréquence des floraisons supérieures à 1 000 cellules par litre et la densité cellulaire maximale par rapport aux données historiques (1994-2007) pour les deux groupes d'espèces les plus problématiques dans les eaux de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. La somme des anomalies des quatre principaux indices donne un état intermédiaire-bon en moyenne pour la période 2013-2017 et ce constat s'est amélioré depuis la période 2008 à 2012.



ÉTAT DE LA POPULATION DU GRAND HÉRON

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien

Pour statuer sur l'état de cet indicateur, les concentrations des contaminants enregistrées durant la période 2011-2016 ont été comparées avec les données historiques, de même qu'avec des critères ou seuils de toxicité tirés de la littérature scientifique. Selon les résultats obtenus, l'état global de la contamination du grand héron de l'estuaire et du golfe est jugé intermédiaire-bon, malgré une diminution des concentrations moyennes très hétérogène. Les tendances sont assez semblables à celles du *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2014*.



SALUBRITÉ DES EAUX COQUILLIÈRES DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien

L'état global de l'accès aux secteurs coquilliers en fonction de la qualité de l'eau du Saint-Laurent est intermédiaire-bon entre 2014 et 2018 puisque, parmi les 257 secteurs retenus, 52 % sont cotés C et ne permettent pas la cueillette de mollusques, 40 % respectent les critères d'un secteur agréé A et 8% ont la cote B. Il est important de préciser, en outre, que la qualité de l'eau et la proportion de secteurs notés A ou B sont très variables entre les régions d'étude. Notons que, parmi les 257 secteurs évalués, une moyenne de 130 a été échantillonnée annuellement entre 2014 et 2018. L'état de l'indicateur s'est maintenu rapport à celui qui a été présenté dans le *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2014*.



SUIVI DES ESPÈCES AQUATIQUES ENVAHISSANTES MARINES DANS LE SAINT-LAURENT

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien

Le constat global définit l'état de l'indicateur comme étant intermédiaire-bon pour le Saint-Laurent marin pour la période 2016-2017, avec une légère différence entre les secteurs. En effet, ceux de la Gaspésie et de la Côte-Nord du golfe du Saint-Laurent sont demeurés dans la même catégorie d'état (intermédiaire-bon) par rapport à la période 2013-2015. Par contre, le constat des îles de la Madeleine s'est amélioré, passant de l'état intermédiaire à intermédiaire-bon entre les mêmes périodes. Quant aux secteurs de l'estuaire moyen et de l'estuaire maritime nouvellement ajoutés au programme de suivi, ils ont obtenu un état « bon » en 2016-2017, puisqu'aucune EAE marine n'a été détectée.



ÉTAT DE LA POPULATION DU FOU DE BASSAN

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Intermédiaire
Tendance: Amélioration

Globalement, cet indicateur est classé comme intermédiaire entre 2013 et 2017 et représente une légère tendance à l'amélioration à court terme par rapport au *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2014*. On ne compte que trois colonies au Québec, réparties sur trois sites. Ces colonies ont un faible taux de reproduction malgré la bonne taille de la population. Lors de la nidification, l'aire d'alimentation de cet oiseau inclut une bonne partie du golfe et s'étend même jusque dans l'estuaire maritime. . La caractérisation de l'état global de la population du fou de Bassan est basée sur le niveau et la tendance de son abondance, le succès reproducteur et la contamination des œufs.



COMMUNAUTÉ ZOOPLANCTONIQUE DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

L'étude de cet indicateur a révélé un état global classé intermédiaire pour la période 2013-2017 avec quelques différences entre les secteurs de suivi. Les différents groupes taxonomiques du zooplancton reflètent l'image de la diversité de la faune des milieux aquatiques. En effet, le zooplancton représente les animaux microscopiques vivant en suspension dans l'eau et se déplaçant principalement avec les courants marins. Il s'agit du second maillon de la chaîne trophique marine pélagique responsable du transfert d'énergie entre le phytoplancton et les niveaux trophiques supérieurs.



ÉTAT DES POPULATIONS D'OISEAUX MARINS

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

La tendance de la population des différentes espèces d'oiseaux est indicatrice de la santé de l'écosystème et, en particulier, des conditions environnementales. L'évaluation des cinq espèces caractéristiques du golfe du Saint-Laurent a permis d'estimer l'état général de cet indicateur comme intermédiaire selon l'inventaire du dénombrement de couples nicheurs dans les refuges d'oiseaux migrateurs de la Côte-Nord en 2015. Ce constat est semblable à celui qui a été établi dans le *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2014* basé sur les inventaires de 2010, ce qui montre des tendances divergentes, mais relativement stables chez les oiseaux marins de la Côte-Nord du Saint-Laurent.



PROCESSUS OCÉANOGRAPHIQUES

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Intermédiaire
Tendance: Détérioration

L'état global de cet indicateur est classé intermédiaire et sa tendance est à la détérioration. Les paramètres mesurés pour connaître l'état et l'évolution des variables du processus océanographique sont la température de l'eau à différentes profondeurs, l'oxygène dissous et l'acidité. La comparaison de ces résultats avec ceux de la période précédant 2013 fait ressortir une détérioration de l'état global des sites étudiés.



ÉTAT DE LA POPULATION DU BÉLUGA

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

État: Mauvais
Tendance: Maintien

Pour la période 2013-2017, l'état de la population du béluga du Saint-Laurent est considéré comme mauvais puisque cette population est isolée des autres et, qu'en raison de leur présence permanente dans l'estuaire, les bélugas sont exposés aux pressions grandissantes des activités humaines sur les mammifères marins en général, comme les risques de collisions et le dérangement qui émanent des embarcations de plaisance, le bruit chronique généré par le trafic maritime et la présence de contaminants chimiques et bactériologiques. Depuis le dernier siècle, ces pressions menacent de plus en plus cette population qui continue de décliner et dont l'état de la population ne semble pas se rétab*lir.*

MILIEUX NORDIQUES

Seulement un indicateur associé à l'omble chevalier anadrome caractérise la situation dans le Nord québécois et aucun ne présente de tendance. Trois autres fiches servent à décrire l'état de référence par rapport à l'intégrité physique et biotique des écosystèmes aquatiques.



TAUX DE MORTALITÉ ET REPRODUCTION DE POPULATIONS D'OMBLE CHEVALIER ANADROME DANS LE NORD QUÉBÉCOIS

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Ne s'applique pas (période de suivi trop courte).

L'état de cet indicateur est classé intermédiaire-mauvais puisque les segments de la population d'omble échantillonnée suggèrent une mortalité élevée et un faible nombre d'individus participant à la reproduction. En effet, le taux de mortalité annuelle totale était estimé entre 47 % et 52 % à Aupaluk, à 50 % à Tasiujaq et à 68 % à Inukjuak. Les individus contribuant à la reproduction constituaient seulement 1,8 % des spécimens échantillonnés à Inukjuak, 7,5 % à Aupaluk, 8,8 % à Tasiujaq. Les caractérisations faites ne permettent pas de dégager des tendances.



ALCALINITÉ DES MILIEUX AQUATIQUES DANS LE NORD QUÉBÉCOIS

État de référence*

L'état de référence montre que, globalement, l'alcalinité naturelle des plans d'eau caractérisés dans le Nord québécois est très faible, ce qui rend ces milieux aquatiques vulnérables aux apports acides provenant notamment de l'exploitation de certains minéraux.



COMMUNAUTÉS DE DIATOMÉES DANS LE NORD QUÉBÉCOIS

État de référence*

L'état de référence montre un faible taux de productivité des écosystèmes aquatiques dans le Nord québécois puisque près de 50 % des communautés de diatomées sont liées à des milieux oligotrophes (lacs et cours d'eau) ayant subi très peu de perturbations.



COMMUNAUTÉS DE MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES DANS LE NORD QUÉBÉCOIS

État de référence*

La caractérisation des communautés benthiques de 83 petits cours d'eau situés dans la fosse du Labrador permet d'identifier huit communautés et les taxons indicateurs et de mettre en évidence une nette démarcation dans la composition des communautés au-delà de la limite des arbres, dans la toundra arctique arbustive.

*Les indicateurs liés aux états de référence ne présentent aucun état ni aucune tendance.

04

MODE D'EMPLOI DES FICHES



Photo : Line Couillard



MODE D'EMPLOI DES FICHES

Chaque fiche est autoportante. Elle contient toute l'information nécessaire à sa compréhension et elle est spécifique au sujet documenté. Voici le détail du contenu des fiches.

Libellé de la fiche et description de l'indicateur ou du thème: les indicateurs d'état sont fondés sur le principe qu'une masse d'eau ou une espèce dont l'état écologique est bon assure le fonctionnement optimal de son écosystème et sa propre capacité à se renouveler. Les indicateurs choisis sont reconnus par la communauté scientifique, documentés et rendent compte de l'état. Ils peuvent résulter de l'assemblage de plusieurs paramètres ou être un seul paramètre clé. Certaines fiches ne présentent pas d'indicateur d'état, mais analysent tout de même de tels paramètres. Ce sont des fiches d'information.

Type de milieu et composantes de l'écosystème: afin de faciliter le repérage dans le rapport, les fiches sont classées par milieux, soit les eaux de surface (lacs, rivières, fleuve et estuaire et golfe), les eaux souterraines, les milieux humides ou le Nord québécois, puis selon les composantes de l'écosystème utilisées pour décrire l'état, soient les composantes physicochimiques et bactériologiques, biologiques, chimiques ou physiques.

État et tendance: la fiche présente et décrit l'état qui peut être bon, intermédiaire-bon, intermédiaire, intermédiaire-mauvais, mauvais ou être un état de référence et la tendance qui peut être à l'amélioration, au maintien ou à la détérioration. Certains indicateurs ne présentent pas de tendance parce qu'ils sont trop récents. Certaines fiches ne présentent pas d'indicateur qui possède un état ou une tendance. Ce sont les fiches qui présentent des états de référence, des indicateurs en cours de développement ou qui dressent un portrait de la situation au Québec (fiches d'information).

Forces: les forces motrices sont les grands groupes d'activités servant à combler des besoins humains. Les forces peuvent influencer l'état ou les paramètres analysés dans les fiches de façon directe ou indirecte, de manière positive ou négative. À titre indicatif, une liste non exhaustive des principales forces est présentée et accompagnée de références bibliographiques.

Pressions: les pressions exercées sont décrites et documentées afin d'expliquer les mécanismes par lesquels les forces influencent l'état et les paramètres analysés dans les fiches.

Impacts: les effets (positifs ou négatifs) connus de la situation observée sur le contexte social, économique et environnemental sont décrits en abordant les usages qui pourraient être compromis. À titre indicatif, une liste non exhaustive des principaux impacts découlant des situations observées est présentée et accompagnée de références bibliographiques.

Changements climatiques: les effets anticipés des changements climatiques au niveau des forces, des pressions et des impacts et les pistes d'adaptation envisagées ou mises de l'avant sont décrits selon les aléas définis, si cela s'applique. À titre indicatif, une liste non exhaustive de ces éléments est présentée et accompagnée de références bibliographiques.

Réponses: il s'agit des principales solutions mises en œuvre par le gouvernement afin de maintenir, d'améliorer ou de restaurer l'état et les usages et de répondre à la situation observée. À titre indicatif, une liste non exhaustive de ces réponses est présentée et accompagnée de références bibliographiques.

Pour en savoir plus: ce sont des liens vers des publications existantes fournissant un complément d'information pour approfondir la compréhension du thème abordé.

Références bibliographiques: chaque fiche possède sa propre bibliographie.

Rédacteurs et collaborateurs: ce sont les organisations dont les équipes sont responsables de la rédaction des fiches et celles qui y ont contribué.



Photo: Caroline Anderson



FICHES

Photo: Julie Moisan

EAUX SOUTERRAINES

- Niveau piézométrique
- Pesticides dans les eaux souterraines en milieu agricole
- Radionucléides artificiels dans les eaux de surface et souterraines
- Recharge des eaux souterraines



Niveau piézométrique

ÉTAT

État: Bon
Tendance: Ne s'applique pas; données historiques insuffisantes.

SUIVI PIÉZOMÉTRIQUE DES PRINCIPAUX SYSTÈMES HYDROGÉOLOGIQUES

Le Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec (RSESQ[1]) a été mis en place dans le but de recueillir les données piézométriques qui permettront d'établir l'état actuel des ressources et de suivre leur évolution en réponse aux différentes pressions naturelles ou anthropiques, en particulier les changements climatiques. Il consiste en plus de 250 stations de mesure (figure 1A), principalement des puits d'observation (figure 1B) équipés de systèmes automatiques d'acquisition de données (niveau piézométrique et température de l'eau), aménagées dans différents contextes hydrogéologiques sur le territoire du Québec. Les niveaux piézométriques sont généralement représentatifs des conditions hydrodynamiques observées à proximité dans les formations géologiques des systèmes aquifères étudiés et constituent donc l'indicateur de base reconnu pour la gestion des ressources[2,3].

De façon générale, l'état des ressources en eau souterraine au Québec peut être considéré comme étant bon. De plus, aucun problème d'importance, en matière de disponibilité de la ressource, n'a encore été signalé sur le territoire. Selon l'information rapportée au Ministère, seuls quelques secteurs d'étendue limitée feraient l'objet de pressions attribuables aux prélèvements d'eau élevés (résidentiels, industriels ou agricoles) effectués dans les régions concernées pour satisfaire tous les besoins. En ce qui concerne les impacts potentiels des prélèvements d'eau sur l'état de la ressource à moyen ou long terme, les séries de données piézométriques sont encore trop courtes pour émettre des conclusions statistiquement significatives. Néanmoins, les niveaux piézométriques mesurés jusqu'à maintenant à certaines stations du RSESQ permettent de distinguer des tendances à la baisse qui justifient la poursuite du suivi afin de mieux documenter les phénomènes.

DESCRIPTION

L'indicateur de niveau piézométrique est défini comme la profondeur de la surface de l'eau souterraine, en équilibre avec l'atmosphère, mesurée à une station de référence (piézomètre, puits ou forage) et rapportée en élévation par rapport à une altitude de référence, le plus souvent le niveau moyen de la mer. Les niveaux piézométriques, mesurés en plusieurs endroits par rapport à une même altitude de référence, permettent de déduire les directions d'écoulement des eaux souterraines. Ils servent également au contrôle de l'état des ressources d'eau souterraine soumises à des règles de gestion, en décrivant le comportement des systèmes hydrogéologiques en réponse aux prélèvements d'eau souterraine ou aux effets anticipés des changements climatiques.

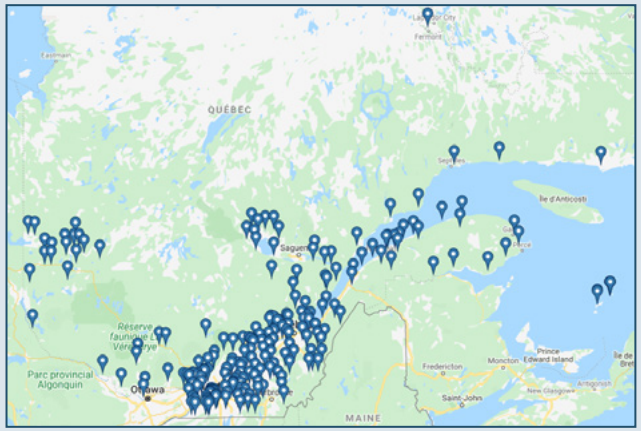
Rédigée par: **Direction de l'eau potable et des eaux souterraines**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Certaines régions du Québec utilisent de façon importante les ressources en eau souterraine pour l'approvisionnement en eau, ce qui peut se traduire par une variation des niveaux piézométriques. Par exemple, la figure 2A montre le comportement du niveau piézométrique à une station du RSESQ située dans un secteur de la Montérégie qui constitue historiquement une zone très sollicitée pour le prélèvement d'eau souterraine, notamment pour le secteur industriel et commercial ainsi que pour la production agricole saisonnière (irrigation des cultures)[4]. En plus des fluctuations saisonnières du niveau piézométrique, on observe sur le graphique une tendance à la baisse du niveau d'eau, depuis les années 1980, qui pourrait être attribuable aux prélèvements élevés effectués dans la région pour satisfaire tous les besoins (résidentiels, industriels, commerciaux, agricoles). Le suivi de l'indicateur du niveau piézométrique permet donc de reconnaître de façon générale les zones à risque de surexploitation de la ressource.

L'indicateur piézométrique permet aussi d'examiner les phénomènes de court terme, tels que les variations naturelles annuelles du niveau de l'eau souterraine. Par leur géométrie, certains systèmes aquifères sont très sensibles aux fluctuations annuelles du taux de précipitations. Par exemple, on peut observer sur le graphique de la figure 2B les fluctuations interannuelles de la piézométrie à la station de Saint-Raymond de Portneuf. On constate

Figure 1A Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec

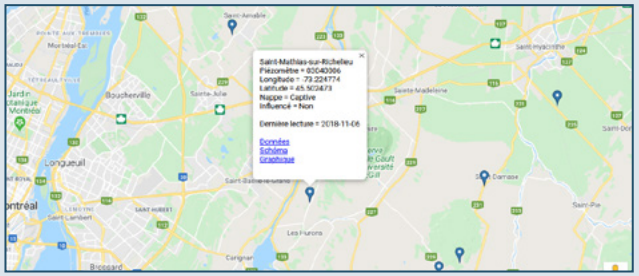
Source: Gouvernement du Québec, 2020



Stations de mesure du réseau de suivi des eaux souterraines du Québec. Le Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec (RSESQ) compte plus de 250 stations qui permettent de recueillir les données piézométriques en vue de suivre l'état des nappes d'eau souterraine et d'évaluer les effets des changements climatiques sur cette ressource.

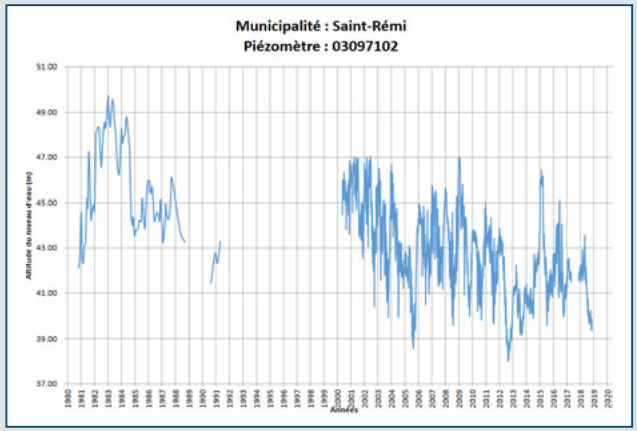
Figure 1B Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec

Source: Gouvernement du Québec, 2020



Information disponible pour les stations de mesure. En cliquant sur le pointeur d'une station, on a accès à l'information disponible la concernant (graphique du niveau d'eau, schéma d'aménagement du puits, données sources et, pour certaines stations, des résultats d'analyse de la qualité de l'eau).

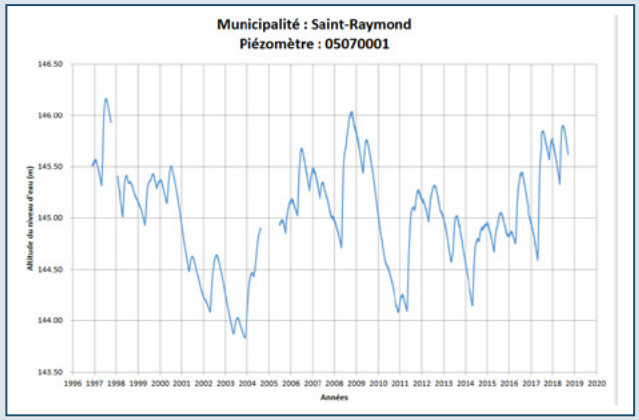
Figure 2A Fluctuations des niveaux piézométriques



Niveau piézométrique à la station de Saint-Rémi. Suivi du niveau piézométrique à la station de mesure dans la municipalité de Saint-Rémi située dans un secteur caractérisé par une importante production maraîchère saisonnière ainsi que par des activités industrielles et commerciales où l'eau souterraine est fortement utilisée.

Note: le graphique est tiré du site Internet du RSESQ (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/piezo).

Figure 2B Fluctuations des niveaux piézométriques



Niveau piézométrique à la station de Saint-Raymond. Suivi du niveau piézométrique à la station de mesure de la municipalité de Saint-Raymond de Portneuf.

Note: le graphique est tiré du site Internet du RSESQ (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/piezo).

qu'après une baisse d'environ 2 m du niveau piézométrique, entre 2000 et 2004, une remontée s'amorce jusqu'en 2009 et est finalement suivie d'un comportement ne présentant aucune tendance particulière. La baisse initiale serait attribuée à une diminution locale des précipitations durant l'année 2000. À cette station, les variations interannuelles des niveaux d'eau souterraine peuvent être fortes étant donné que les eaux souterraines sont en conditions de nappe libre, répondant ainsi plus rapidement aux précipitations.

NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE DANS LES ZONES DE GESTION PARTICULIÈRE

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les données piézométriques du RSESQ visent surtout à examiner les effets des changements climatiques, c'est-à-dire les phénomènes régionaux et de long terme[5,6] susceptibles d'influencer l'état des ressources en eau souterraine dans les grands systèmes aquifères. Donc, le RSESQ n'a pas été mis en place pour documenter les fluctuations des niveaux piézométriques qui se manifestent très rapidement, ou sur de plus petites zones, résultant notamment d'activités anthropiques (interférence entre puits, réduction des surfaces d'infiltration, exhaure minière, etc.). Bien qu'elles puissent être significatives, ces variations sont généralement examinées au cas par cas à l'aide de réseaux de puits spécifiques à ces problématiques locales.

Par exemple, les effets locaux de ces différents types de prélèvements d'eau (ex.: approvisionnement en eau potable, drainage agricole, assèchement de mine ou carrière) sur les niveaux piézométriques peuvent parfois représenter un risque pour des environnements sensibles, tels que les milieux humides ou les écosystèmes aquatiques, lorsque ces derniers sont en lien hydraulique direct avec les eaux souterraines. Actuellement, peu d'information permet de documenter le comportement des niveaux piézométriques dans ces zones sensibles.

Le MELCC réalise présentement des études qui permettraient, entre autres, de déterminer des zones locales de pression sur les ressources en eau souterraine où les fluctuations des niveaux piézométriques pourront avoir des impacts significatifs. Il serait important que la gestion des prélèvements de ces zones soit adaptée.

FORCES

- Urbanisation[7,8]
- Activités industrielles[7,8]
- Activités agricoles[7,8]
- Prélèvements d'eau[7,8]

IMPACTS

- Dommages aux infrastructures humaines et coûts liés (routes, bâtiments, etc.): subsidence[7]
- Problèmes d'approvisionnement pour les activités agricoles[7,13]
- Problèmes d'exploitation des barrages: potentiel de production énergétique (hydroélectrique)[7]
- Problèmes d'alimentation en eau potable[7,13]
- Stress imposé aux citoyens: restrictions d'usages[7,13]
- Perte de services écologiques d'approvisionnement [7,13]
- Problème d'approvisionnement en eau pour des activités industrielles[7,13]
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[7,13]
- Perte nette d'habitats floristiques[7,13]
- Assèchement d'écosystèmes dépendants des eaux souterraines[7,13]

PRESSIONS

Plusieurs types de forces peuvent exercer des pressions susceptibles de modifier les niveaux piézométriques d'un aquifère[7,8,9,10]. Les prélèvements effectués sur les ressources en eau souterraine et la variation de la recharge des aquifères à la suite de phénomènes naturels ou anthropiques en sont deux importantes. Les effets de ces pressions sur les niveaux piézométriques se manifesteront de diverses façons. L'interprétation du comportement de l'indicateur de niveau piézométrique doit tenir compte de la nature des pressions.

PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE

Malgré la difficulté pour leur estimation, les prélèvements d'eau souterraine constituent un indicateur de pression important à inclure dans l'analyse de l'évolution de l'état des ressources en eau souterraine. Ils exercent une influence directe sur le comportement de l'indicateur piézométrique, ce qui fait de ces derniers un outil indispensable à la gestion des ressources[2,3,11]. Des travaux sont en cours afin de développer une façon efficace de comptabiliser les prélèvements d'eau dans le but de faciliter leur comparaison avec l'indicateur piézométrique.

Le prélèvement d'eau souterraine, à partir d'un puits, de drains ou de toute autre installation de prélèvement, provoquera autour de l'ouvrage une baisse des niveaux piézométriques, c'est-à-dire le rabattement des niveaux d'eau. La zone influencée par le prélèvement dépendra du débit extrait de l'aquifère et des propriétés hydrauliques de ce dernier. Bien que sa valeur diminue avec l'augmentation de la distance du site de prélèvement, le rabattement peut quand même affecter les niveaux d'eau dans les autres ouvrages qui se trouvent dans la zone d'influence du prélèvement, et pourrait également affecter le niveau d'eau ou le débit de certains éléments du milieu hydrique environnant (sources, étangs, cours d'eau reliés hydrauliquement à l'aquifère, milieux humides). Dans ces conditions, une grande densité de sites de prélèvement risque de créer un effet cumulatif susceptible d'abaisser la piézométrie régionale et d'affecter l'environnement hydrique. Ces conditions peuvent donc limiter des usages de la ressource.

Au Québec, les prélèvements d'eau souterraine servent à approvisionner en eau potable 25 % de la population répartie sur près de 90 % du territoire habité[12]. Les prélèvements d'eau souterraine d'importance sont effectués à des fins d'approvisionnement en eau (eau potable, eau de procédé industriel, irrigation), d'aquaculture, mais également pour le drainage des mines et des carrières. Les besoins en eau pour les différentes activités varient selon les régions en fonction de la population et des activités économiques. Les volumes et l'usage des ressources en eau souterraine ont pu être estimés à l'échelle des municipalités régionales de comtés (MRC) dans plusieurs régions dans le cadre des projets du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES)[13].

VARIATION DE LA RECHARGE

La variation de la recharge naturelle constitue un autre indicateur de pression utile pour comparaison avec l'indicateur piézométrique. Il s'agit de la portion efficace des précipitations ou des eaux de surface qui s'infiltre dans le sol et rejoint les eaux souterraines. Une fiche décrivant l'indicateur de l'état de la recharge a été préparée pour le présent rapport.

Les variations spatiales et temporelles (saisons) de la recharge sur un territoire vont influencer le comportement des niveaux piézométriques. La quantité d'eau provenant de la recharge qui atteindra les eaux souterraines déterminera l'importance de la remontée des niveaux piézométriques.

Les variations du taux de recharge peuvent être attribuées à des phénomènes naturels ou à des activités anthropiques. C'est le cas des variations de l'intensité des précipitations et du ruissellement découlant des changements climatiques. Une modification de l'occupation du territoire (ex.: urbanisation) peut aussi réduire la recharge en diminuant les surfaces d'infiltration et en augmentant le ruissellement.

Typiquement, les mesures piézométriques effectuées dans les puits d'observation sont présentées sous forme de graphiques pour l'analyse (hydrogrammes). Ces derniers reflètent les variations annuelles des niveaux piézométriques, permettant, entre autres, de distinguer les périodes de recharge maximale (ex.: crues printanière et automnale) et minimale (étiage). Les hydrogrammes peuvent aussi servir au calcul de la recharge pour certains types de nappes d'eau souterraine[14,15]. Des travaux du MELCC sont en cours pour estimer la recharge locale à partir de données climatiques et des mesures journalières de niveaux piézométriques des stations du RSESQ[16].

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

L'augmentation de la population et la croissance économique sont des facteurs susceptibles de provoquer une hausse de la demande en eau dans les années à venir. Dans le contexte des changements climatiques, ces facteurs risquent d'exercer une pression encore plus importante sur les ressources en eau disponibles. En effet, les impacts anticipés des changements climatiques sur les eaux souterraines pourraient se manifester, entre autres par une diminution de la recharge, ce qui accentuerait les effets des prélèvements sur les niveaux piézométriques et pourrait ainsi créer des problèmes au niveau de la conception et du fonctionnement des infrastructures de prélèvement[17,18].

L'impact des changements climatiques sur les eaux souterraines, en particulier les niveaux piézométriques, a fait l'objet de moins d'attention que les effets sur les eaux de surface au Québec[19,20]. Les séries piézométriques historiques disponibles sont encore trop courtes pour percevoir les effets des changements climatiques sur la ressource. Certaines stations du RSESQ étaient actives dès 1969,

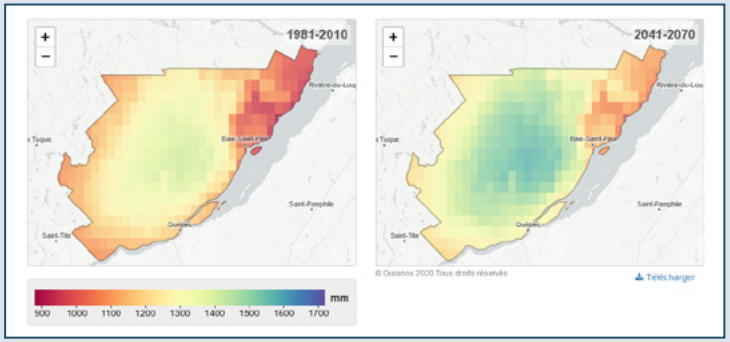
CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[19]
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[19]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[19,20]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes): augmentation de l'évapotranspiration[19]
- Augmentation du niveau de la mer: perte de puits en zone côtière par intrusions salines[7]
- Diminution de la couverture de neige (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)[19]

mais l'essentiel du réseau a été aménagé dans le cadre du Plan d'action sur les changements climatiques (2006-2012 et 2013-2020)[21,22]. Il est considéré qu'une série d'au moins 10 ans de données est nécessaire pour dégager des tendances statistiquement significatives[23]. Cette condition sera bientôt remplie pour la majorité des puits du RSESQ.

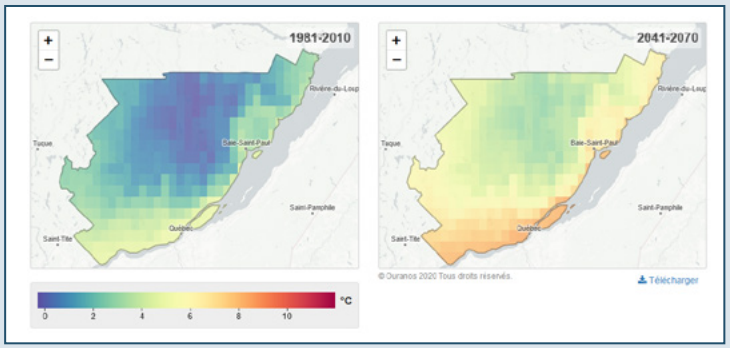
Les liens entre le climat et les niveaux piézométriques sont indirects et se font à travers la recharge. Les études qui ont abordé cette question en contexte de changement climatique ne rapportaient aucune tendance nette sur l'évolution de la recharge annuelle des eaux souterraines pour différentes provinces du Canada[24,25]. De plus, les études effectuées dans d'autres pays démontrent une importante variabilité des prévisions de tendances liées à la recharge[6,26]. Malgré tout, il est possible de percevoir à certaines stations du RSESQ, notamment celle de Pont-Rouge, l'effet sur les niveaux piézométriques d'une succession d'années plus chaudes et sèches où le volume d'eau qui s'infiltre jusqu'à la nappe est généralement réduit.

Figure 3A Scénarios climatiques dans la région de la station de Pont-Rouge



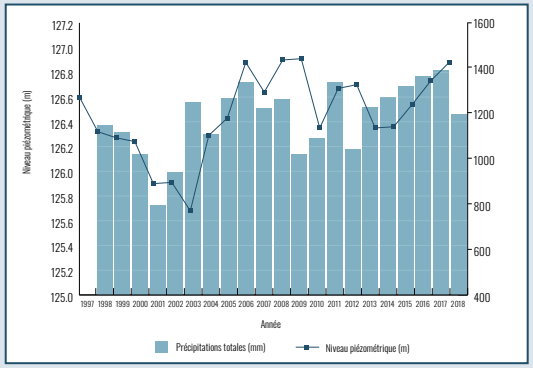
Périodes de références et scénarios climatiques pour émissions élevées pour l'horizon 2041-2070 pour les précipitations annuelles dans la région de la Capitale-Nationale[28]. On observe sur les figures une augmentation des précipitations annuelles entre la période de référence de 1981-2010 et le scénario d'émissions élevées et 2041-2070. La figure est tirée du site internet d'Ouranos « Portraits climatiques: Capitale-Nationale».

Figure 3B Scénarios climatiques dans la région de la station de Pont-Rouge



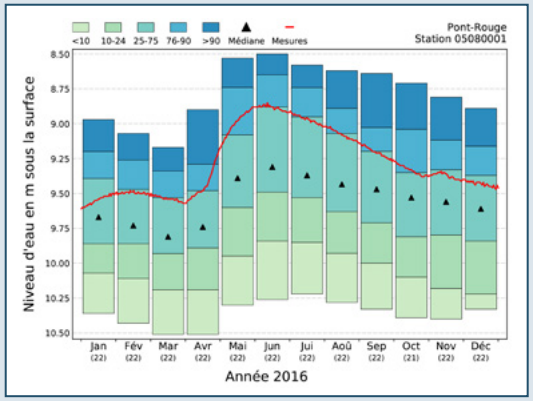
Périodes de références et scénarios climatiques pour émissions élevées pour l'horizon 2041-2070 pour les températures annuelles dans la région de la Capitale-Nationale[28]. On observe sur les figures une augmentation des températures annuelles entre la période de référence de 1981-2010 et le scénario d'émissions élevées et 2041-2070. La figure est tirée du site internet d'Ouranos « Portraits climatiques: Capitale-Nationale».

Figure 4A Suivi piézométrique à la station de Pont-Rouge



Précipitations et niveaux piézométriques mesurés entre 1997 et 2017 à la station de Pont-Rouge. Relation entre les précipitations annuelles, enregistrées à la station météorologique de Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier du gouvernement du Québec, et le niveau piézométrique moyen annuel mesuré entre 1997 et 2017 à la station de Pont-Rouge du RSESQ. Note: Les données de précipitations sont incomplètes pour quelques années.

Figure 4B Suivi piézométrique à la station de Pont-Rouge



Hydrogramme statistique de la station de Pont-Rouge et comparaison avec l'année 2016. Hydrogramme de l'année 2016 de la station de Pont-Rouge présenté avec les résultats de l'analyse statistique des séries de données piézométriques issues du suivi de la station.

Dans le portrait des ressources en eau publié en 2014[27], la station de mesure piézométrique de Pont-Rouge montrait une légère baisse du niveau d'eau au début des années 2000. Cette station n'étant pas influencée par les prélèvements d'eau, la baisse avait été attribuée aux variations des conditions météorologiques locales. Comme cette station est aménagée dans un aquifère en condition de nappe libre, les variations interannuelles des niveaux piézométriques peuvent être importantes dans ce type de nappe d'eau souterraine située à faible profondeur.

La figure 3 montre les périodes de référence de 1981-2010 et le scénario 2041-2070 pour les précipitations (A) et les températures annuelles (B) de la région où se trouve la station de Pont-Rouge[28]. Les figures suggèrent une augmentation de ces deux paramètres qui pourrait engendrer une baisse nette de la recharge régionale, en considérant l'évapotranspiration. Cela ne pourra être validé que dans quelques années.

La figure 4A montre la relation entre les précipitations annuelles et les niveaux piézométriques à la station de Pont-Rouge. Elle semble indiquer une corrélation entre les niveaux piézométriques et les précipitations, bien que les données de ces dernières soient parfois incomplètes. Elle serait représentative des conditions météorologiques observées dans la région de Québec, mais peut également être influencée par des phénomènes plus locaux. La figure 4B montre les niveaux piézométriques pour l'année 2016 en relation avec les statistiques estimées à l'aide des données disponibles à la station de mesure. Elle montre où se situe le niveau piézométrique pour l'année 2016 par rapport à la médiane, soit dans une période sèche ou humide.

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (chapitre C-6.2) (Loi sur l'eau)
- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) (RLRQ, c. Q-2, a. 22)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)
- *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (R.Q c. Q-2, r. 35.2)

PROGRAMMES, CADRES ET PLANS D'ACTION (Québec)

- Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)[21,22]
- Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES)[13]

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de la production des Plans intégrés de protection et de conservation des sources d'alimentation en eau potable à l'échelle régionale
- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)
- Programme pour une protection accrue des sources d'eau potable (PPASEP)

AUTRES

- Développement et mise à jour de l'*Atlas hydroclimatique du Québec méridional*[20]
- Développement et mise à jour de la cartographie
- Imposition de mesures d'exploitation restrictives et de quotas
- Rapports et publications de sensibilisation
- Recherche gouvernementale
- Réseaux de suivi[1]

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec[1]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/piezo/index.htm
- Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines[13]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/programmes/acquisition-connaissance.htm
- Système d'information hydrogéologique (SIH)
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/sih/index.htm

RÉFÉRENCES

1. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** « Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec », dans le site du MELCC, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/piezo/index.htm (page consultée le 10/01/2020).
2. **VRBA, J., ET A. LIPPONEN** (ed.) (2007). *Groundwater resources sustainability indicators*, IHP-VI Series on groundwater, nº 14, UNESCO, Paris, 114 p. et 2 annexes, [En ligne], https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000149754 (page consultée le 10/01/2020).
3. **CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT** (2017). *Démarche d'évaluation de la pérennité des eaux souterraines : guide d'application*, CCME, 65 p. et 4 annexes, [En ligne], https://www.ccme.ca/files/Resources/fr_water/fr_groundwater/D%27%C3%A9valuation%20de%20la%20p%C3%A9rennit%C3%A9%20des%20eaux%20souterraines%20%20Guide%20d%27application.pdf (page consultée le 10/01/2020).
4. **CÔTÉ, M.-J., Y. LACHANCE, C. LAMONTAGNE, M. NASTEV, R. PLAMONDON ET N. ROY** (2006). *Atlas du bassin versant de la rivière Châteauguay*. Collaboration étroite avec la Commission géologique du Canada et l'Institut national de la recherche scientifique-Eau, Terre et Environnement. Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 64 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas/chateauguay/index.htm (page consultée le 10/01/2020).
5. **CUTHBERT, M.O., T. GLEESON, N. MOOSDORF, K.M. BEFUS, A. SCHNEIDER, J. HARTMANN ET B. LEHNER** (2019). « Global patterns and dynamics of climate–groundwater interactions», *Nature Climate Change*, vol. 9, p. 137-141.
6. **RUSSO, T., U. LALL, H. WEN ET M. WILLIAMS** (2014). *Assessment of trends in groundwater levels across the United States*, Columbia Water Center White Paper, March, 20 p., [En ligne], http://water.columbia.edu/files/2014/03/USGW_WhitePaper_FINAL.pdf (page consultée le 10/01/2020).
7. **CONSEIL DES ACADÉMIES CANADIENNES** (2009). *La gestion durable des eaux souterraines au Canada*, Comité d'experts sur les eaux souterraines, CAC, Ottawa, 276 p. et 3 annexes, [En ligne], https://rapports-cac.ca/wp-content/uploads/2018/10/2009-05-11-gw-rapport.pdf (page consultée le 10/01/2020).
8. **JAKEMAN, A.J., O. BARRETEAU, R.J. HUNT, J.-D. RINAUDO ET A. ROSS** (ed.) (2016). *Integrated groundwater management: concepts, approaches and challenges*, Springer Open, Suisse, 762 p., [En ligne], https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-23576-9.pdf (page consultée le 10/01/2020).
9. **CUSTODIO, E.** (2002). « Aquifer overexploitation: what does it mean? », *Hydrogeology Journal*, vol. 10, nº 2, p. 254-277.
10. **KALF, F.R.P., ET D.R. WOOLLEY** (2005). « Applicability and methodology of determining sustainable yield in groundwater systems », *Hydrogeology Journal*, vol. 13, nº 1, p. 295-312.
11. **STOLLSTEINER, P., A. WUILLEMIER, H. BESSIERE ET J.J. SEGUIN** (2011). *Guide méthodologique, indicateur piézométrique, débit prélevable*, rapport final, RP-61374-FR., 67 p.
12. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** « Eaux souterraines », dans le site du MELCC, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/index.htm (page consultée le 17/07/2019).
13. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** « Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines », dans le site du MELCC, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/programmes/acquisition-connaissance.htm (page consultée le 17/07/2019).
14. **KRESIC, N.** (2009). *Groundwater resources: sustainability, management and restoration*, MacGraw-Hill, É.-U., 852 p.
15. **HEALY, R.W., ET P.G. COOK** (2002). « Using groundwater levels to estimate recharge », *Hydrogeology Journal*, vol. 10, p. 91-109.
16. **GOSSELIN, J.-S., F. HUCHET ET R. LEFEBVRE** (2019). *Indicateurs de l'état des ressources en eau souterraine sous l'effet du climat et de leur exploitation*, rapport intérimaire, Institut national de la recherche scientifique, Rapport de recherche R1857, juin, 69 p.

RÉFÉRENCES (SUITE)

17. **GREEN, T.R., M. TANIGUCHI, H. KOOI, J.J. GURDAK, D.M. ALLEN, K.M. HISCOCK, H. TREIDEL ET A. AURELI** (2011). « Beneath the surface of global change: Impacts of climate change on groundwater », *Journal of Hydrology*, vol. 405, nos 3-4, p. 532-560.

18. **CLIFTON, C., R. EVANS, S. HAYES, R. HIRJI, G. PUZ ET C. PIZARRO** (2010). *Water and Climate Change: Impacts on groundwater resources and adaptation options*, Water Sector Board of the Sustainable Development Network of the World Bank Group, Water Working Notes, Note no 25, June, 75 p., [En ligne], https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/27857/550270NWP0Box01Groundwater01PUBLIC1.pdf?sequence=1&isAllowed=y (page consultée le 10/01/2020).

19. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation: synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec: Partie 1: Évolution climatique au Québec*, édition 2015, Montréal (Québec), 114 p., [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SynthesePartie1.pdf (page consultée le 10/01/2020).

20. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** « Atlas hydroclimatique du Québec méridional », dans le site du MELCC, [En ligne], http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/CruesPrintanieres/Q1max2P.htm (page consultée le 17/07/2019).

21. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS.** « Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques », dans le site du MELCC, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan_action/2006-2012_fr.pdf (page consultée le 17/07/2019).

22. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** « Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques », dans le site du MELCC, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/plan-action-fonds-vert.asp (page consultée le 17/07/2019).

23. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2017). *Guide technique de suivi de la qualité des eaux souterraines*, 2e édition (juin), 36 p. et 8 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/GTSQES/GTSQES.pdf (page consultée le 10/01/2020).

24. **RIVARD, C., H. VIGNEAULT, A.R. PIGGOTT, M. LAROCQUE, F. ANCTIL, L. TREMBLAY ET A.N. ROUSSEAU** (2008). « Examining the Impacts of Climate Change and Human Activities on Groundwater Recharge in Canada Using Historical Data », dans *GeoEdmonton 2008: 61e conférence géotechnique canadienne et 9e conférence conjointe SCG/AIH-SNC sur les eaux souterraines*, tenue à Edmonton du 21 au 24 septembre 2008.

25. **RIVARD, C., J. MARION, Y. MICHAUD, S. BENHAMMANE, A. MORIN, R. LEFEBVRE ET A. RIVERA** (2003). Étude de l'impact potentiel des changements climatiques sur les ressources en eau souterraine dans l'est du Canada, Ressources naturelles Canada et Commission géologique du Canada, 39 p. et 5 annexes.

26. **HOLMAN, I.P.** (2005). « Climate change impacts on groundwater recharge-uncertainty, shortcomings, and the way forward? », *Hydrogeology Journal*, vol. 14, p. 637-647.

27. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** « Rapport – État de l'eau et des écosystèmes aquatiques au Québec », dans le site du MELCC, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/rapportsurleau/index.htm (page consultée le 6 juillet 2019).

28. **OURANOS.** « Portraits climatiques: Capitale-Nationale », dans le site d'Ouranos, [En ligne], https://www.ouranos.ca/portraitsclimatiques/#/regions/4 (page consultée le 10/07/2019).



Pesticides dans les eaux souterraines en milieu agricole

ÉTAT

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Ne s'applique pas; la structure du suivi ne le permet pas.

De 2012 à 2018, 208 puits privés ont été échantillonnés en milieu agricole, dont 84 (40%) montraient la présence de très faibles concentrations de pesticides (figure 1). De manière générale, les concentrations mesurées y sont plus faibles que dans les cours d'eau et respectent largement les normes ou valeurs de référence existantes pour l'eau potable. Lorsqu'on ne dispose pas de normes québécoises, des valeurs proposées par d'autres organismes reconnus dans le domaine de la santé publique sont utilisées. L'état est jugé intermédiaire-bon considérant les concentrations très faibles mesurées, mais les détections relativement fréquentes. Comme les suivis sont récents, pour le moment on ne peut évaluer la tendance.

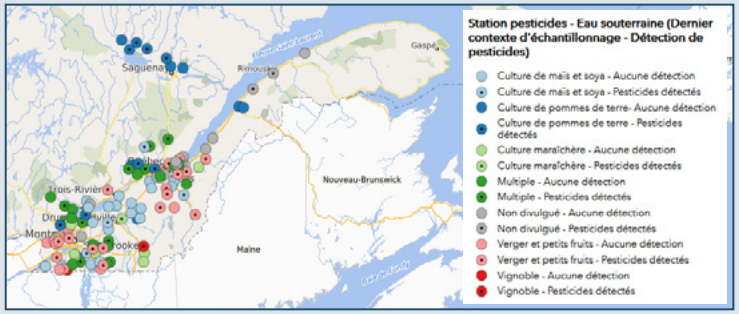
En 2012 et 2013, 42 puits ont été échantillonnés dans des secteurs de cultures maraîchères. Parmi ceux-ci, sept puits (17 %) montraient la présence de faibles concentrations de pesticides (figure 2). Sur les 61 puits échantillonnés en 2013 et 2014 près de vergers, de vignes ou de petits fruits, 35 (57 %) montraient la présence de faibles concentrations de pesticides[1]. En 2015 et 2016, des puits ont été échantillonnés près de cultures de maïs ou de soya. Des pesticides ont été détectés dans 7 des 52 puits échantillonnés (13,5 %)[2]. En 2017 et 2018, 53 puits ont été échantillonnés près de champs en culture de pommes de terre, dont 35 (66 %) ont montré la présence de faibles concentrations de pesticides[3].

Les secteurs agricoles en culture de pommes de terre ainsi que ceux de vergers, vignes et petits fruits présentent une proportion plus importante de puits avec des pesticides que ceux où il y a des cultures de maïs et de soya ou des cultures maraîchères. Cela s'explique notamment par la nature des sols. En effet, dans les sols plutôt sableux des principales

DESCRIPTION

Dans le cadre de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021, le gouvernement souhaite améliorer ses connaissances sur la présence de pesticides dans l'eau souterraine. En 2012, un suivi a donc été mis en place afin d'échantillonner des puits individuels en milieu agricole. Tout comme pour le suivi en rivières, une approche par type de culture a été privilégiée. Des puits à proximité de cultures maraîchères ont été échantillonnés en 2012-2013, des puits voisins de vergers, de vignes et de petits fruits en 2013 et 2014, des puits près de cultures de maïs et de soya en 2015 et 2016 et des puits près de champs de pommes de terre en 2017 et 2018. De 2012 à 2018, 208 puits ont donc été échantillonnés, à raison d'une trentaine de puits par année. Les puits échantillonnés sont habituellement des puits résidentiels ou des puits utilisés pour les activités agricoles. Il peut s'agir de puits de producteurs agricoles ou d'autres citoyens voisins de champs agricoles. Les puits sont échantillonnés une seule fois, généralement à l'automne.

Figure 1 Répartition des sites échantillonnés pour les pesticides en eau souterraine



Source: Gouvernement du Québec, 2020

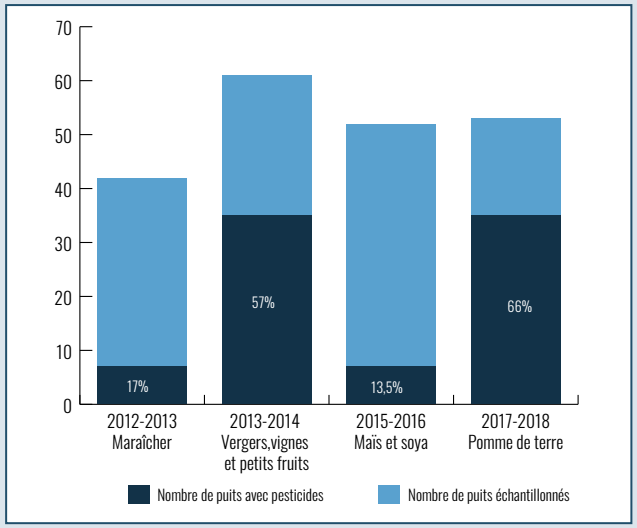
Carte générale du Québec avec les localités où les 208 puits ont été échantillonnés au cours de la période de 2012 à 2018. Chaque symbole indique un regroupement de puits et il est situé au centroïde du bassin versant.

Rédigée par: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

zones en culture de pommes de terre, l'eau de pluie s'infiltre rapidement, entraînant les pesticides vers les nappes d'eau souterraine. En contrepartie, les secteurs en cultures de maïs, de soya et de cultures maraîchères sont souvent caractérisés par des sols fins (limon, argile) où l'eau a tendance à ruisseler plutôt qu'à s'infiltrer dans le sol. La nappe d'eau souterraine y est généralement mieux protégée contre l'infiltration des substances appliquées en surface.

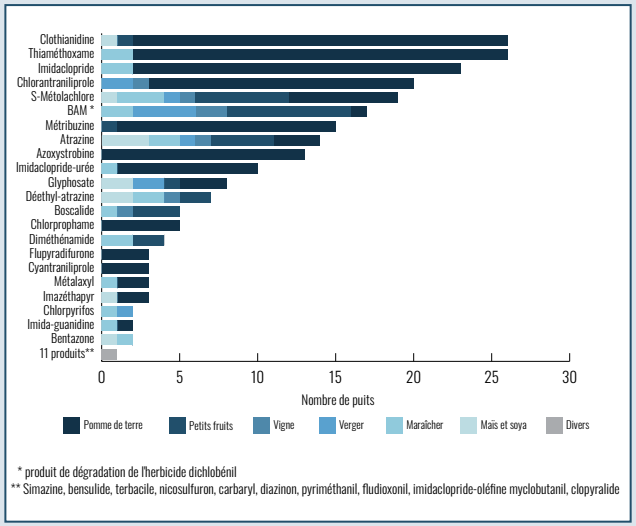
Au total, une trentaine de pesticides ont été détectés dans l'eau souterraine (figure 3). Les insecticides clothianidine, thiaméthoxame, imidaclopride et chlorantraniliprole et l'herbicide métribuzine sont les produits détectés le plus souvent. Ils ont essentiellement été détectés dans les secteurs en culture de pommes de terre où les sols sableux font que l'eau souterraine est plus vulnérable à la contamination. Dans une moindre mesure, l'azoxystrobine, l'imidaclopride-urée, le chlorprophame le flupyradifurone et le cyantraniliprole ont aussi été détectés dans les secteurs en culture de pommes de terre.

Figure 2 Proportion des puits où des pesticides ont été détectés



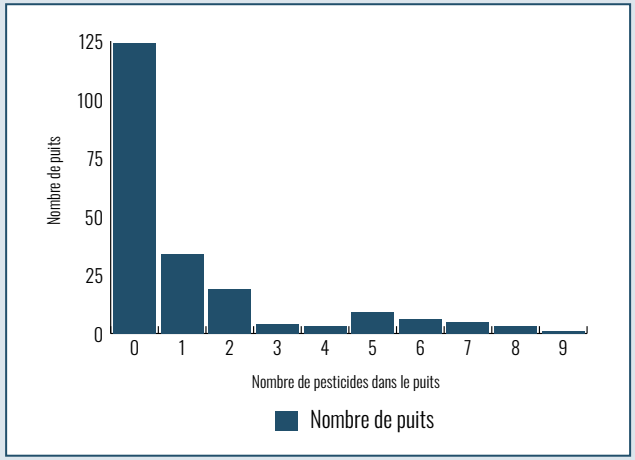
Les secteurs agricoles en culture de pommes de terre ainsi que ceux de vergers, vignes et petits fruits présentent une proportion plus importante de puits avec des pesticides que ceux où il y a des cultures de maïs et de soya ou des cultures maraîchères.

Figure 3 Pesticides et nombre de puits où ils ont été détectés de 2012 à 2018



Au total, une trentaine de pesticides ont été détectés dans des puits individuels échantillonnés de 2012 à 2018. Les insecticides clothianidine, thiaméthoxame, imidaclopride et chlorantraniliprole, l'herbicide métribuzine et le fongicide azoxystrobine sont les produits détectés le plus souvent dans les secteurs agricoles en culture de pommes de terre. Le BAM, un produit de dégradation de l'herbicide dichlobénil, est souvent détecté dans les secteurs de petits fruits, de vergers et de vignes.

Figure 4 Nombre de pesticides détectés par puits



Parmi les 84 puits où des pesticides ont été détectés, certains montrent la présence de plus d'un pesticide. Trois pesticides ou plus ont été détectés dans 31 puits.

Le BAM ou 2,6-dichlorobenzamide, un produit de dégradation de l'herbicide dichlobénil, est le produit qui a été décelé le plus souvent dans les secteurs de petits fruits, de vergers et de vignes.

Il n'est pas rare de retrouver plusieurs pesticides dans un puits (figure 4). Parmi les 84 puits où des pesticides ont été détectés, 31 ont 3 pesticides ou plus, 19 montrent deux pesticides et, dans 34 puits, un seul pesticide a été détecté. Dans tous les cas cependant, les concentrations mesurées sont très faibles et respectent largement les normes ou valeurs de référence existantes pour l'eau potable. Dans le pire des cas, la concentration la plus élevée représente 3% de la valeur guide existante. Comme les pesticides se retrouvent actuellement à de faibles concentrations dans l'eau du robinet, l'eau potable n'est pas considérée comme une source importante d'exposition pour la population générale. Elle demeure cependant une source d'exposition parmi plusieurs autres plus importantes, notamment l'alimentation. Ainsi, dans une perspective de protection des sources d'approvisionnement en eau potable, la présence de composés comme les pesticides doit être prise en compte.

PRESSIONS

À l'échelle régionale, certains facteurs indépendants des pratiques agricoles peuvent influencer la vulnérabilité de l'aquifère aux polluants. La topographie du terrain, les caractéristiques du sol en surface et en profondeur ainsi que la profondeur de l'aquifère sont des facteurs déterminants. Les conditions climatiques telles que la fréquence, l'intensité et les quantités de précipitations, de même que les quantités d'eau lors de la fonte de neige, peuvent également influencer le transport des pesticides vers la nappe d'eau souterraine[1].

À une échelle plus locale, d'autres facteurs peuvent influencer la vulnérabilité d'un puits à la présence de pesticides: la distance entre les cultures traitées et le puits, la pente du terrain vers le puits, la profondeur du puits, son utilisation pour le remplissage du réservoir du pulvérisateur ou pour le nettoyage de l'équipement agricole, les caractéristiques d'aménagement du puits[1].

Les quantités et les caractéristiques des pesticides utilisés, tel le potentiel de lessivage, influencé entre autres par la solubilité et la propension à adhérer aux particules du sol, ou encore la persistance sont aussi des éléments qui peuvent influencer la présence des pesticides dans l'eau souterraine[1].

FORCES

- Activités agricoles[1]

IMPACTS

- Contamination de l'eau potable utilisée et problèmes de santé en découlant[1,2]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur les pesticides* (RLRQ, c. P-9.3)
  - *Code de gestion des pesticides* (RLRQ, c. P-9.3, r. 1)[5]
  - *Règlement sur les permis et les certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides* (RLRQ, c. P-9.3, r. 2)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture, 2011-2021[7]
- Stratégie québécoise de l'eau, 2018-2030
- Stratégie québécoise sur les pesticides[6]

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert[8]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques pourront avoir des répercussions sur la contamination de l'eau souterraine par les pesticides. En milieu agricole, les scénarios anticipés sont l'apparition de nouveaux ennemis des cultures, un allongement de la saison de croissance des plantes et l'expansion de certaines cultures dans des terres plus au nord[4].

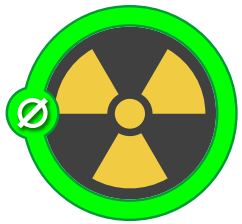
Avec l'augmentation des températures, de nouveaux ennemis des cultures (insectes, mauvaises herbes, maladies) provenant d'autres régions du continent risquent d'apparaître au Québec. De plus, la pression exercée par certains ennemis déjà présents au Québec risque d'augmenter. Par exemple, certains insectes ravageurs arriveront plus tôt en saison, ils connaîtront un développement plus rapide et pourront compléter un plus grand nombre de générations durant la saison estivale[4]. Cette situation risque d'accentuer l'utilisation des pesticides et, par conséquent, la contamination de l'eau souterraine. L'allongement de la saison de croissance pourrait entraîner un allongement de la fenêtre d'application des pesticides et, par conséquent, une période plus étendue de risque de contamination de l'eau souterraine par les pesticides.

Les nouvelles conditions de croissance des cultures pourraient aussi permettre l'expansion de certaines cultures dans des secteurs plus au nord. Par exemple, les superficies en cultures de maïs et de soya pourraient devenir beaucoup plus importantes qu'elles le sont actuellement dans certaines régions du Québec, comme le Saguenay–Lac-Saint-Jean[4]. Cela pourrait avoir pour effet d'étendre la problématique de contamination de l'eau souterraine par les pesticides à des régions jusque-là moins touchées.

Les changements climatiques pourraient aussi augmenter l'occurrence de conditions extrêmes, comme de fortes pluies, lesquelles pourraient à leur tour influencer le transfert des pesticides vers l'eau souterraine.

RÉFÉRENCES

1. **GIROUX, I.** (2016). *Portrait de la présence de pesticides dans l'eau souterraine près de secteurs maraîchers, vergers, vignes et petits fruits, échantillonnage 2012 à 2014*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 25 p. + 5 ann. ISBN 978-2-550-75639-2.
2. **GIROUX, I.** (2019). *Présence de pesticides dans l'eau au Québec: portrait et tendances dans les zones de maïs et de soya, 2015 à 2017*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 64 p. + 6 ann. ISBN 978-2-550-83220-1.
3. **GIROUX, I.** (2020). Présence de pesticides dans l'eau au Québec: Portrait dans des zones en culture de pommes de terre en 2017 et 2018. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'information sur les milieux aquatiques, 44 p. + 5 annexes. [En ligne], www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/pomme_terre/ rapport-pesticides-eau-pomme-terre-2017-2018.pdf.
4. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation: synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, édition 2015, 417 p.
5. *Code de gestion des pesticides*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/permis/code-gestion/index.htm.
6. **STRATÉGIE QUÉBÉCOISE SUR LES PESTICIDES 2015-2018,** [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/strategie2015-2018/index.htm.
7. **STRATÉGIE PHYTOSANITAIRE QUÉBÉCOISE EN AGRICULTURE 2011-2021,** [En ligne], https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Pages/Details-Publication.aspx?guid=%7Bef205915-94c8-487f-9abf-42fa84b1a0f7%7D.
8. **PROGRAMME PRIME-VERT** (MAPAQ), [En ligne], https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/md/programmesliste/agroenvironnement/Pages/Prime-Vert.aspx.



Radionucléides artificiels dans les eaux de surface et souterraines

ÉTAT

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Ne s'applique pas; état basé sur le dernier rapport.

La présence de radionucléides artificiels dans l'environnement a trois origines principales:

- les rejets réglementés des installations nucléaires et ceux qui sont liés aux activités de médecine nucléaire et de recherche;
- les essais atmosphériques d'armes nucléaires, pratiqués entre 1945 et 1980;
- les graves accidents nucléaires (Tchernobyl et Fukushima)[2].

Au Québec, les principales sources de radionucléides artificiels dans les eaux de surface sont les installations nucléaires de Gentilly-2 et des laboratoires de Chalk River.

GENTILLY-2

Eau de surface: Huit échantillons ont été prélevés dans deux stations en aval du canal de rejet des installations de Gentilly-2 dans le fleuve Saint-Laurent en 2018. Ces échantillons ont été analysés pour les teneurs en tritium. Un seul échantillon montrait une teneur supérieure à la limite de détection (6 Bq L^{-1}), soit de 25 Bq L^{-1}. Une seule concentration de carbone-14 a été quantifiée, soit de 0,28 Bq L^{-1} [3]. Des analyses complémentaires ont été réalisées en 2018, dans cinq stations du fleuve Saint-Laurent (un en amont, trois en aval et un sur la rive nord) et une station de la rivière Gentilly, pour le césium-137, le cobalt-60, l'eau tritiée, les particules alpha brutes et les particules bêta brutes. Les seuls paramètres détectés sont les particules alpha brutes (0,09 Bq L^{-1} dans une station en aval) et les particules bêta brutes

DESCRIPTION

Les concentrations de radionucléides sont analysées dans diverses matrices environnementales telles que l'eau, les sédiments et les tissus végétaux ou animaux. La *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* prévoit que les titulaires de permis d'installations nucléaires élaborent, mettent en œuvre et tiennent à jour un programme de surveillance environnementale afin de protéger le public, les travailleurs et l'environnement. La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) s'assure que ces suivis sont conformes aux règlements régissant l'industrie nucléaire du Canada[1]. Au Québec, Hydro-Québec assume l'ensemble des exigences légales pour les activités des installations de Gentilly-2, alors qu'en Ontario c'est la société Laboratoires nucléaires canadiens limitée qui les assume pour les activités des Laboratoires de Chalk River. Indépendamment, la CCSN échantillonne l'eau du fleuve et des rivières Gentilly et des Outaouais afin de confirmer que le public et l'environnement sont protégés (Programme indépendant de surveillance environnementale, PISE).

Rédigée par: **Direction de la gestion intégrée de l'eau**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
Collaboration: **Comité expert en radioactivité**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

(0,06 à 0,14 Bq L^{-1} dans les trois stations en aval et celle de la rivière Gentilly), dont les concentrations demeurent sous les niveaux de référence, soit respectivement de 0,5 et 1 Bq L^{-1} [4].

Eau potable: La majorité des échantillons d'eau potable prélevés dans des systèmes de distribution des villes de Trois-Rivières et Bécancour (secteur Gentilly), de la municipalité de Champlain et dans le puits artésien d'une ferme du secteur de Gentilly sont sous le seuil de détection de la méthode analytique pour l'analyse du tritium (4 à 6 Bq L^{-1}) alors que la norme du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* est de 7 000 Bq L^{-1} [5]. Les échantillons dans lesquels le tritium a été détecté, soit à Champlain et dans la ferme, présentent des concentrations de 4 à 6 Bq L^{-1} [3].

Sédiments dynamiques: Il n'y a pas de lien observable entre l'emplacement des stations et les concentrations de radionucléides dans les sédiments dynamiques du fleuve Saint-Laurent. Du béryllium-7, du potassium-40, du cobalt-60, du césium-137, de l'uranium-235 et de l'uranium-238 sont détectés aux deux stations d'échantillonnage en aval du canal de rejet des installations de Gentilly-2, alors que les autres radionucléides analysés sont sous les limites de détection. Cela suggère que l'influence de l'installation nucléaire de Gentilly-2 sur la concentration de radionucléides dans les sédiments dynamiques du fleuve est faible[3].

Plantes aquatiques: L'échantillonnage des plantes aquatiques du fleuve Saint-Laurent est fait dans une zone susceptible d'être affectée par les effluents liquides radioactifs de l'installation de Gentilly-2. Les concentrations de cobalt-60, niobium-95 et iode-131 sont inférieures aux limites de détection (LD) et légèrement plus élevées que la LD pour le césium-137. La concentration de potassium-40 (présent naturellement dans le sol) est de 561 Bq kg^{-1} et celle de carbone-14 est de 21 Bq kg^{-1} [3].

Mollusques: L'échantillonnage des mollusques est fait à environ 2 km de l'installation nucléaire de Gentilly-2 en aval du canal de rejet. Aucune concentration de niobium-95, de césium-137 ou d'iode-131 n'est détectée dans les coquilles et la chair des mollusques. Du cobalt-60 (lié aux rejets radioactifs liquides) et du potassium-40 (présent naturellement dans le sol) sont mesurés dans la chair. Les concentrations de carbone-14 dans les coquilles et la chair des mollusques sont respectivement de 113 et 268 Bq kg^{-1} [3].

Poissons: Les poissons sont prélevés entre mai et novembre dans l'anse Lemarier, qui est l'endroit le plus près du point de rejet où la pêche peut être pratiquée. Pour chacune des 12 espèces de poissons pêchées, les concentrations des radionucléides sont mesurées dans des échantillons composites formés des tissus de chaque espèce. Les concentrations moyennes de potassium-40 (présent naturellement dans le sol), de tritium et de carbone-14 sont respectivement de 114 Bq kg^{-1}, de 18,8 Bq kg^{-1} et de 772 Bq kg^{-1} [3].

LABORATOIRES DE CHALK RIVER, ONTARIO

La rivière des Outaouais sépare l'Ontario du Québec sur une grande partie de la rivière, ce qui explique que les activités des Laboratoires de Chalk River, situés à Deep River en Ontario, peuvent avoir un effet sur les eaux québécoises.

Eau de surface: Le suivi environnemental des Laboratoires nucléaires canadiens de 2018 montre que les concentrations de tritium et d'activité bêta totale mesurées dans la rivière des Outaouais sont stables et inférieures aux recommandations canadiennes pour l'eau potable, soit de 7 000 Bq L^{-1} pour le tritium, et aux valeurs de référence du risque écologique (respectivement de 17 400 et de 366 Bq L^{-1})[9]. Des analyses complémentaires ont été réalisées en 2015 dans six stations de la rivière des Outaouais, incluant une du côté québécois. Dans cette dernière, les trois paramètres analysés sont au-dessous des limites de détection (cobalt-60, particules alpha brutes et particules bêta brutes)[6].

PRESSIONS

La centrale nucléaire de Gentilly-2 est fermée de façon permanente depuis décembre 2012. Elle utilisait un réacteur nucléaire CANDU (CANada Deutérium Uranium). On y retrouve aussi une installation de gestion des déchets nucléaires. Les activités de déclassement comprennent toutes les mesures prises à la fin de la durée de vie d'un réacteur. Les plans de déclassement ont une durée moyenne de 50 ans[7]. Les activités liées aux installations de Gentilly-2 font l'objet d'une surveillance environnementale rigoureuse qui se poursuivra pendant toute la phase de déclassement[1].

Les Laboratoires de Chalk River (LCR) sont actuellement en exploitation et ils sont considérés comme étant parmi les laboratoires nucléaires les plus complexes au Canada. Leurs activités comprennent les services et le développement liés à l'industrie nucléaire et à d'autres domaines scientifiques, tels que la physique, la métallurgie, la chimie, la biologie et l'ingénierie[8]. Diverses installations nucléaires, dont le réacteur national de recherche universel (NRU), et l'installation de production de molybdène 99 (MPF), qui sont maintenant placées en état d'arrêt sûr et de veille (respectivement en mars 2018 et en octobre 2016), étaient exploitées sur le site des LCR. Les autres installations nucléaires des LCR comprennent des zones de gestion des déchets, des cellules universelles, des cellules de combustibles et de matériaux, le Centre de traitement des déchets et ses installations connexes. Le site des LCR abrite également divers laboratoires de recherche, de développement et d'analyse[9].

Ces activités peuvent générer des rejets d'éléments radioactifs dans l'environnement. Les rejets de radionucléides dans l'environnement se font principalement par l'air ou par les effluents dans le milieu aquatique. En cas de rejet accidentel de substances radioactives dans l'atmosphère, une dispersion de gaz solubles et de très fines particules (aérosols) contenant une certaine quantité de radionucléides se produit. Cette dispersion est influencée par les conditions météorologiques (par exemple, précipitations, vents) et peut entraîner ainsi une contamination de l'air ambiant et des milieux environnants (eau de surface, sols). La concentration de radionucléides est plus importante à proximité du point de rejet et au cœur du panache. Le devenir des radionucléides dépend de leurs caractéristiques physiques et chimiques (par exemple, taille et forme des particules), des conditions hydrométéorologiques donnant lieu notamment à des retombées dites humides ou sèches, ainsi que des caractéristiques du milieu où se produisent les dépôts radioactifs. Une fois dans les sols et dans le milieu aquatique, les radionucléides peuvent être présents sous forme dissoute ou associés à la phase solide (par exemple, matières en suspension minérales ou organiques). Ils peuvent également être absorbés et accumulés par la faune et la flore ou s'accumuler dans les sédiments[2].

Ainsi, les suivis réalisés par les titulaires de permis d'installations nucléaires sont essentiels pour assurer la protection du public, des travailleurs et de l'environnement.

FORCES

- Activités industrielles[2]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* (L.C. 1997, ch. 9) (LSRN)[10]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Canada)

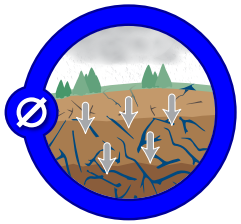
- Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE)[11]

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Surveillance environnementale près des installations de Gentilly-2[1] http://www.hydroquebec.com/declassement-gentilly-2/suivi-environnemental.html
- Programme indépendant de surveillance environnementale: Installation nucléaire de Gentilly-2[4] https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/gentilly2.cfm
- Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE): Laboratoires de Chalk River[6] https://www.nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/ch-river.cfm

RÉFÉRENCES

1. **HYDRO-QUÉBEC** (1996-2019). « Surveillance environnementale près des installations de Gentilly-2 », dans le site *Déclassement des installations de Gentilly-2*, [En ligne], http://www.hydroquebec.com/declassement-gentilly-2/suivi-environnemental.html (page consultée le 29 juillet 2019).
2. **CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC** (CEAEQ) (2015). Procédure d'évaluation du risque radiotoxique pour l'environnement, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 28 p. et annexes.
3. **HYDRO-QUÉBEC** (2019). « Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 – Rapport annuel 2018 », Rapport technique G2-RT-2019-00518-001, version finale, avril 2019, [En ligne], http://www.hydroquebec.com/data/production/pdf/rapport-surveillance-environnement-gentilly-2019.pdf.
4. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN) (2019). « Programme indépendant de surveillance environnementale: Installation nucléaire de Gentilly-2 », dans le site Installation nucléaire de Gentilly-2, [En ligne], https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/gentilly2.cfm (page consultée le 29 juillet 2019).
5. **DIRECTION DE LA SANTÉ ENVIRONNEMENTALE ET DE LA TOXICOLOGIE, INSTITUT DE LA SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC** (INSP) (2016). « Avis scientifique sur le tritium dans l'eau potable », Bibliothèque et Archives nationales du Québec, ISBN: 978-2-550-72311-0 (PDF), Gouvernement du Québec, 54 p. et 4 annexes.
6. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN) (2019). « Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE): Laboratoires de Chalk River », dans le site Ressources, [En ligne], https://www.nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/ch-river.cfm (page consultée le 7 janvier 2020).
7. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN), (2019). « Installation nucléaire de Gentilly-2 » dans le site Réacteurs, [En ligne], http://www.suretenucleaire.gc.ca/fra/reactors/power-plants/nuclear-facilities/gentilly-2-nuclear-generating-station/index.cfm (page consultée le 4 mars 2020).
8. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN), (2019). « Laboratoires de Chalk River » dans le site Réacteurs, [En ligne], https://nuclearsafety.gc.ca/fra/reactors/research-reactors/nuclear-facilities/chalk-river/index.cfm (page consultée le 4 mars 2020).
9. **LABORATOIRES NUCLÉAIRES CANADIENS** (2019). « Rapport annuel de surveillance de la conformité – Surveillance de l'environnement des Laboratoires de Chalk River en 2018 », LCR-509243-ACMR-2018, révision 0, juin 2019, [En ligne], https://www.cnl.ca/site/media/Parent/CRL-509243-ACMR-2018-Fre.pdf.
10. ***LOI SUR LA SÛRETÉ ET LA RÉGLEMENTATION NUCLÉAIRES***, L.C. 1997, sanctionnée 1997-03-20, c. 9.
11. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN) (2019). « Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE) », dans le site Ressources, [En ligne], https://www.nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/index-iemp.cfm (page consultée le 29 juillet 2019).



Recharge des eaux souterraines

ÉTAT

État: Bon
Tendance: Ne s'applique pas; données historiques insuffisantes.

Les données recueillies lors des projets d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES)[3] ont servi à préciser la nature du sous-sol et à évaluer la distribution spatiale des caractéristiques hydrogéologiques des dépôts géologiques de surface et des formations rocheuses. Les données ont aussi permis de documenter le régime des précipitations et d'évapotranspiration dans les régions étudiées. Ces informations ont été utilisées pour évaluer le taux d'infiltration efficace des précipitations vers les eaux souterraines, permettant ainsi le calcul de la recharge potentielle des aquifères d'importance régionale. Cette dernière étant souvent utilisée dans l'estimation des ressources renouvelables disponibles sur un territoire, elle peut donc être considérée comme un indicateur de l'état des ressources en eau souterraine[4,5,6].

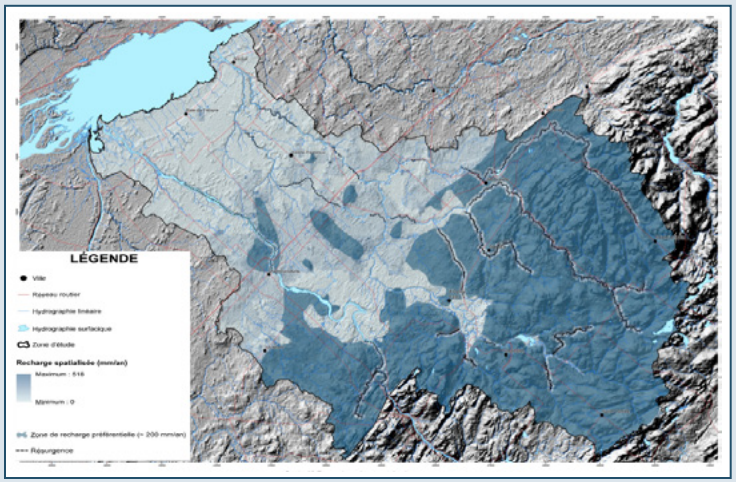
La recharge des eaux souterraines a été évaluée sur plusieurs des territoires des PACES afin d'obtenir une première estimation du volume global d'eau pour le portrait des ressources disponibles par région. La méthode de calcul de la recharge diffère selon les projets[1,2,7,8,9,10]. De façon générale, les conditions climatiques actuelles (précipitations, température) au Québec permettent la recharge efficace des aquifères. Présentement, rien n'indique une diminution de la recharge qui pourrait affecter certains usages de l'eau.

Les vastes dépôts de sable et de gravier observés en surface à différents endroits sur le territoire sont considérés comme les unités géologiques présentant un plus grand potentiel d'infiltration pour la recharge des aquifères. Par exemple, la recharge annuelle totale est estimée à 743 Mm^3 dans les dépôts de sable du secteur du sud-ouest de la Mauricie[7]. La recharge annuelle moyenne dans ce secteur, d'une superficie de 3 915 km^2, est d'environ 189 000 m^3/km^2. Le secteur de Bécancour[8] compte aussi une recharge annuelle moyenne très élevée avec

DESCRIPTION

Les eaux souterraines sont renouvelées principalement par les apports en précipitations, sous forme de pluie ou de neige. Les précipitations qui s'infiltrent dans le sol jusqu'à la nappe d'eau souterraine constituent la recharge. Cette dernière varie d'un endroit à l'autre selon les formations géologiques rencontrées et dans le temps d'une année à l'autre et à l'intérieur d'une même année. La recharge est un indicateur de la quantité des ressources en eau souterraine renouvelables et l'on considère souvent sa valeur comme le volume d'eau disponible sur un territoire donné.

Figure 1 Distribution spatiale de la recharge sur le territoire du PACES Nicolet–Bas-Saint-François



Source: Larocque et al., 2015

Distribution spatiale de la recharge estimée sur le territoire du PACES Nicolet–Bas-Saint-François[1]. Les zones de couleur bleu foncé correspondent aux zones où la recharge est plus élevée, telles les aires montagneuses à faible couvert imperméable. Les zones de faible recharge dans la plaine du Saint-Laurent sont caractérisées par la présence d'une couche d'argile peu perméable qui limite l'infiltration et, par conséquent, la recharge de l'aquifère de roc sous-jacent.

Rédigée par: **Direction de l'eau potable et des eaux souterraines**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

159 000 m³/km². De même, les complexes deltaïques du secteur de Portneuf[9] démontrent une recharge annuelle moyenne de 248 000 m³/km². Cette quantité d'eau est importante pour un territoire d'une aussi petite superficie (525 km²).

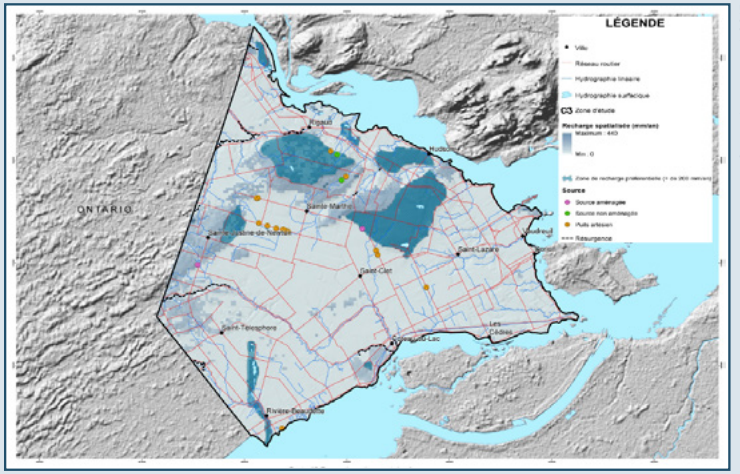
À l'opposé, certaines régions ont de plus faibles valeurs de recharge. Par exemple, la recharge annuelle moyenne par kilomètre carré dans la région de la Montérégie-Est[10] est estimée à environ 98 000 m³/km², à environ 48 000 m³/km² dans la région de Vaudreuil-Soulanges[2] et entre 45 000 et 50 000 m³/km² dans celle de Mirabel[11,12]. De façon générale, les zones de faible recharge sont plus fréquentes à proximité du fleuve où une couche épaisse et continue de dépôts fins (argile et silt) limite l'infiltration de l'eau des précipitations jusqu'aux aquifères du roc. Les secteurs caractérisés par le socle rocheux affleurant ou par des dépôts moins perméables (ex.: till glaciaire) présentent aussi en général une recharge plus faible.

La recharge des aquifères peut varier largement sur un même territoire en fonction des conditions physiques locales (géologie, sols, topographie, végétation). En effet, les PACES ont permis de distinguer à l'intérieur des régions, à l'échelle locale, les zones qui recevaient une recharge substantielle et celles qui en recevaient moins. Les résultats des études témoignent d'une très grande variabilité de la recharge annuelle à l'intérieur même des secteurs étudiés.

Dans certaines régions comme le secteur sud-ouest de la Mauricie[7], les plus fortes zones de recharge peuvent dépasser 400 mm/an et, non loin de là, atteindre difficilement 250 mm/an, ou encore être tout simplement nulles. Dans le secteur de Bécancour[8], des zones de recharge supérieure à 200 mm/an se retrouvent dans la portion appalachienne à l'est du secteur, adjacentes à des zones de recharge plus faible au centre de la région étudiée. En Montérégie-Est[10], une vaste portion de l'aquifère régional, située dans les basses-terres du Saint-Laurent, reçoit une recharge annuelle inférieure à 13,5 mm, alors qu'au sud de ce secteur, dans les Appalaches, la recharge dépasse souvent par endroits 200 mm/an. Les zones recevant une recharge supérieure à 250 mm/an contribuent majoritairement à la recharge annuelle totale d'une région.

L'information détaillée présentant la distribution spatiale de la recharge est disponible sur le navigateur ministériel ainsi que dans les cartes des rapports des PACES[3]. Par exemple, la figure 1 montre la distribution spatiale de la recharge estimée sur le territoire du PACES Nicolet–Bas-Saint-François[1]. Elle varie de négligeable à environ 518 mm/an. La figure 2 illustre la distribution spatiale de la recharge sur le territoire du PACES Vaudreuil-Soulanges[2]. La recharge varie par endroits sur le territoire, de négligeable jusqu'à environ 440 mm/an. Les valeurs les plus élevées sont dans les zones qui ne sont pas recouvertes par les dépôts argileux

Figure 2 Distribution spatiale de la recharge sur le territoire du PACES Vaudreuil-Soulanges



Source: Lamoque et al, 2015

Distribution spatiale de la recharge estimée sur le territoire du PACES Vaudreuil-Soulanges[2]. Les zones de couleur bleu foncé correspondent aux zones où la recharge est plus élevée. Les zones de recharge préférentielles sont concentrées sur les collines Montérégiennes (complexe mont Rigaud). Le reste du territoire est recouvert d'une couche d'argile ou par endroits de dépôts de sable recouvrant la couche d'argile. Cette dernière limite l'infiltration des précipitations vers l'aquifère du roc sous-jacent.

(ex.: mont Rigaud). Il convient de mentionner qu'il ne s'agit ici que de la recharge verticale des aquifères, c'est-à-dire qui ne tient pas compte de la recharge par les apports latéraux des eaux souterraines (ex.: cas des nappes confinées).

En plus d'une variation spatiale, la recharge des aquifères varie aussi en fonction des saisons. Le printemps et l'automne sont les périodes les plus propices pour la recharge des eaux souterraines. La fonte des neiges et les pluies printanières rechargent les aquifères et élèvent les niveaux des nappes libres, tandis que l'évapotranspiration les diminue en été. Par la suite, les pluies d'automne rechargent les eaux souterraines avant que le sol gelé en hiver freine l'infiltration. Ces effets de la recharge ont été discutés dans la fiche présentant l'état de l'indicateur piézométrique.

Bien que les PACES aient permis d'évaluer la recharge annuelle moyenne de différents secteurs, ils n'ont pas permis de connaître l'évolution de ce paramètre au fil des années. Par contre, selon des études qui ont abordé cette question pour différentes provinces du Canada, aucune tendance claire et généralisée ne ressort de l'évolution de la recharge annuelle des eaux souterraines pour le moment[13,14]. Néanmoins, l'information sur l'état futur de la recharge pourra être mise à jour afin de suivre son évolution, lorsque de nouvelles données seront disponibles après les différents projets de recherche en cours du MELCC.

PRESSIONS

Le volume de la recharge annuelle et ses variations interannuelles sont des paramètres utiles à examiner, notamment pour déterminer le niveau d'exploitation durable des eaux souterraines. En effet, la recharge peut être assimilée au volume d'eau renouvelable pouvant être exploité sur un territoire, tel qu'un bassin hydrogéologique ou un aquifère[4,5]. Pour le calcul des ressources disponibles à des fins de gestion, il est parfois suggéré de soustraire de ce volume la portion de la recharge destinée à assurer l'écoulement de base des cours d'eau pour maintenir en santé les écosystèmes dépendant des eaux souterraines[4,5,16]. L'identification des sources de pression pouvant affecter l'état de la recharge est aussi requise dans le but de bien gérer les volumes d'eau souterraine disponibles.

Différents facteurs peuvent influencer la recharge des eaux souterraines[15,17]. Certaines activités anthropiques constituent une importante source de pression sur la recharge en limitant la quantité d'eau s'infiltrant de la surface vers les eaux souterraines. Les pressions peuvent se manifester de façon directe pour influencer

FORCES

- Urbanisation[15]
- Activités forestières[15]
- Activités agricoles[15]

IMPACTS

- Problèmes d'approvisionnement pour les activités agricoles[15]
- Problèmes d'alimentation en eau potable[15]
- Perte de services écologiques d'approvisionnement[15]
- Problèmes d'approvisionnement en eau pour des activités industrielles[15]
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[15]
- Perte nette d'habitats floristiques[15]
- Assèchement d'écosystèmes dépendant des eaux souterraines[15]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[22,24,25]
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[22,24, 25]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[22,24,25,26]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[22,24,25]
- Diminution de la couverture de neige (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)[22,24,25]

le taux d'infiltration dans les sols, mais également indirectement par une combinaison d'effets qui peuvent aussi influencer le volume des précipitations pouvant s'infiltrer dans les sols.

Les activités anthropiques qui exercent une pression directe sur la recharge sont liées à l'utilisation du territoire, en particulier à l'urbanisation. En effet, les surfaces imperméables créées par les activités humaines produisent un effet similaire à des dépôts géologiques de surface constitués de matériaux imperméables. Ils empêchent la recharge de s'effectuer et ils favorisent le ruissellement vers les eaux de surface. Les travaux menés sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ) rapportent une telle situation à proximité du fleuve, où l'effet des dépôts peu perméables se combine à celui de l'urbanisation[18]. Dans ce secteur, la recharge des eaux souterraines est de l'ordre de 50 à 100 mm/an seulement, tandis que dans la partie nord, soit dans les Laurentides, elle peut atteindre 400 à 500 mm/an.

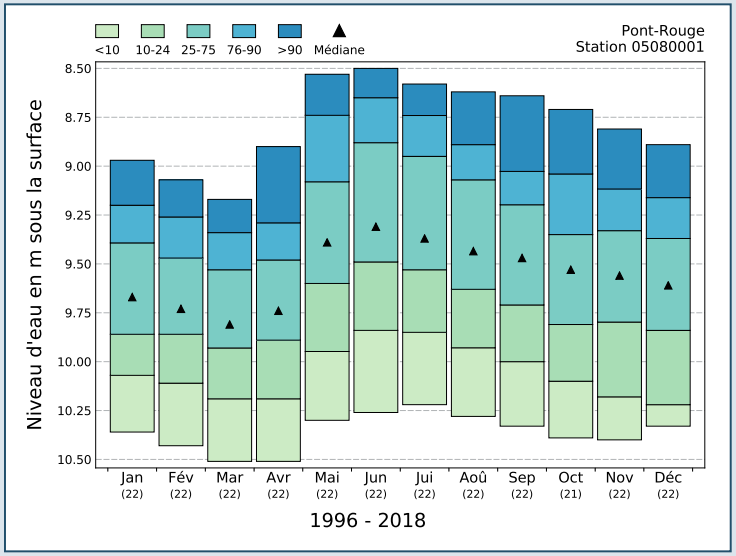
D'autres activités anthropiques exercent des pressions sur la recharge. L'exploitation forestière, entre autres, peut modifier la distribution spatiale de la recharge et augmenter le ruissellement vers les cours d'eau. Les activités de drainage des sols pour les besoins de l'agriculture, la construction d'infrastructures souterraines (fondations, tunnels) ou l'exploitation des ressources minérales (mines, carrières) modifient également la distribution spatiale et la quantité d'eau disponible pour la recharge.

Quant aux pressions indirectes, elles proviennent aussi des activités humaines. La pollution atmosphérique, en particulier par la production de gaz à effet de serre issus de la combustion d'énergie fossile, a des effets sur le climat. Les modifications du climat vont par conséquent influencer la recharge naturelle, puisque celle-ci résulte des précipitations et de la fonte des neiges. Cet aspect est discuté dans la section de la fiche portant sur les changements climatiques.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

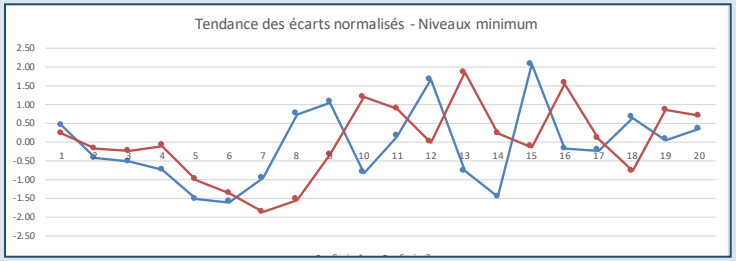
Comme nous l'avons mentionné à la section décrivant les pressions, les changements climatiques devraient affecter la recharge des eaux souterraines. En effet, des épisodes de pluie moins fréquents, mais plus intenses, devraient favoriser le ruissellement au détriment de l'infiltration. De plus, des températures plus élevées vont accroître l'évapotranspiration et pourraient contribuer à la diminution du couvert de neige. Finalement, il y aura probablement moins d'eau de précipitations qui s'infiltrera dans les sols pour recharger les eaux souterraines.

Figure 3A Statistiques des niveaux piézométriques mesurés entre 1996 et 2018 à la station de Pont-Rouge



Statistiques des hydrogrammes annuels des niveaux piézométriques mesurés à la station de Pont-Rouge depuis le début du suivi du RSESQ[19]. La mesure du niveau piézométrique à proximité des zones de recharge permet de repérer les périodes de recharge. D'après la médiane des niveaux mesurés, la recharge des eaux souterraines à proximité de la station de mesure s'effectue typiquement à partir des mois de mars-avril et la récession s'amorce autour du mois de juin.

Figure 3B Statistiques des niveaux piézométriques mesurés entre 1996 et 2018 à la station de Pont-Rouge



Comparaison des écarts normalisés des précipitations et des niveaux d'eau minimaux à la station de Pont-Rouge[29]. La figure démontre l'effet des précipitations sur la recharge (niveau piézométrique). Dans le cas présent, elle suggère une excellente corrélation entre les précipitations et les niveaux piézométriques minimaux. On note un décalage d'environ une année entre les précipitations et la recharge, découlant de l'inertie du système aquifère.

Les études réalisées dans l'est du Canada n'ont pas observé, pour l'instant, de tendance sur l'évolution de la recharge résultant des changements climatiques[13,14]. Néanmoins, les scénarios du consortium Ouranos sur les changements climatiques suggèrent que plusieurs régions vont expérimenter une augmentation des précipitations avec une augmentation des températures moyennes[21,22]. Par conséquent, il est anticipé que les changements climatiques vont influencer la recharge dans le futur[23,24,25].

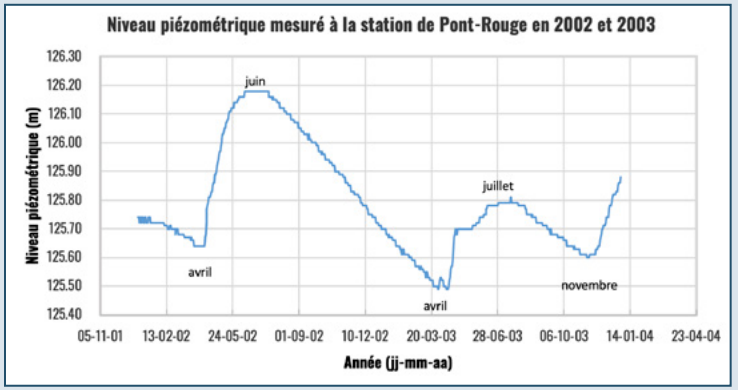
En effet, la modification du régime des précipitations et des températures devrait influencer la recharge et avoir par le fait même une incidence sur les niveaux d'eau souterraine. Ces derniers constituent de bons indicateurs de suivi des nappes d'eau souterraine. Ils permettent aussi de calibrer les modèles numériques qui simulent la recharge et le comportement des eaux souterraines, ce qui permettra d'anticiper la recharge en climat futur. Leurs caractéristiques ont été présentées dans la fiche préparée pour décrire l'indicateur de l'état des niveaux piézométriques dans le présent rapport.

La figure 3A décrit le comportement de la recharge dans ce secteur à l'aide des niveaux piézométriques de la station de mesure de Pont-Rouge du RSESQ. Les statistiques fondées sur les données recueillies à la station montrent que typiquement la recharge des eaux souterraines dans ce secteur s'effectue à partir des mois de mars-avril et la récession s'amorce autour du mois de juin et se poursuit jusqu'au printemps suivant[19]. Cette observation montre l'importance de la recharge printanière résultant entre autres de la fonte du couvert neigeux.

La figure 3B montre quant à elle le graphique comparant les écarts normalisés des précipitations et des niveaux d'eau minimaux à la station de Pont-Rouge qui permettent de distinguer l'effet des précipitations sur la recharge (niveau piézométrique). La figure suggère une excellente corrélation entre les précipitations et les niveaux piézométriques minimaux. On note un décalage d'environ une année entre les précipitations et la recharge, découlant de l'inertie du système aquifère. Le graphique fait aussi ressortir qu'une mauvaise année de précipitations, voire deux, n'est pas suffisante en soi pour générer un étiage « extrême ».

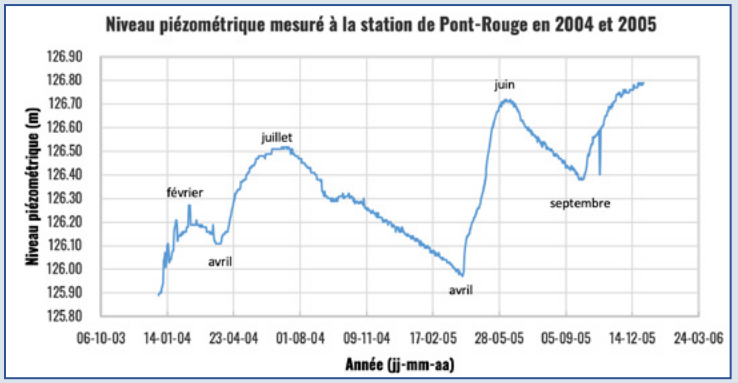
La variabilité des précipitations et des températures pourrait également modifier les périodes de recharge et leur importance. Par exemple, la recharge printanière due à la fonte de la neige pourrait diminuer si les températures plus élevées favorisent les processus de sublimation de la neige. Également, des températures plus douces l'hiver pourraient augmenter les précipitations hivernales et modifier les périodes de recharge.

Figure 4A Hydrogramme des niveaux piézométriques mesurés de 2002 à 2005 à la station de Pont-Rouge



Hydrogramme des niveaux piézométriques mesurés à la station de mesure de Pont-Rouge de janvier 2002 à décembre 2003[20]. D'après la figure, contrairement à ce qui est observé typiquement à ce site, c'est-à-dire une recharge de l'aquifère débutant principalement au printemps (mars-avril), la recharge automnale (novembre) des eaux souterraines est parfois très importante.

Figure 4B Hydrogramme des niveaux piézométriques mesurés de 2002 à 2005 à la station de Pont-Rouge



Hydrogramme des niveaux piézométriques mesurés à la station de mesure de Pont-Rouge de janvier 2004 à décembre 2005[20]. La figure montre la recharge de l'aquifère débutant principalement au printemps (mars-avril), mais aussi une recharge automnale (septembre) importante des eaux souterraines.

La figure 4 montre, pour des données recueillies à la station de Pont-Rouge entre janvier 2002 et décembre 2005, une augmentation du nombre d'épisodes de recharge automnale des eaux souterraines par rapport à la recharge printanière[20]. En effet, on peut voir sur l'hydrogramme des remontées significatives des niveaux piézométriques résultant d'un début de recharge à l'automne pour (figure 4A) les années 2002 et 2003 (novembre) et (figure 4B) les années 2004 et 2005 (septembre). Cette situation pourrait être attribuée à des températures plus douces. Toutefois, il est présentement difficile de confirmer ce phénomène, car d'autres facteurs pourraient expliquer cette observation (ex. : contexte hydrogéologique, événements climatiques), ce qui demandera un examen plus approfondi.

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (chapitre C-6.2) (Loi sur l'eau)
- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)
- *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (LAU) (RLRQ, c. A-19.1)
- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) (RLRQ, c. Q-2, a. 22)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)
  - *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (R.Q c. Q-2, r. 35.2)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES)[3]
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
- Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)[27,28]

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de la production et mise en œuvre des Plans directeurs de l'eau
- Financement de la production des Plans intégrés de protection et de conservation des sources d'alimentation en eau potable à l'échelle régionale
- Financement de projets de restauration et d'aménagement d'habitats
- Financement de la réalisation des Plans de gestion intégrée régionale
- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)
- Programme Climat municipalités
- Programme pour une protection accrue des sources d'eau potable (PPASEP)

AUTRES

- Développement et mise à jour de l'*Atlas hydroclimatique du Québec méridional*[26]
- Recherche gouvernementale
- Réseaux de suivi[20]

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec[20]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/piezo/index.htm
- Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines [3]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/programmes/acquisition-connaissance.htm
- Système d'information hydrogéologique (SIH)
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/sih/index.htm

RÉFÉRENCES

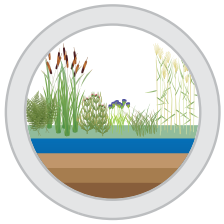
1. **LAROCQUE, M., S. GAGNÉ, D. BARNETCHE, G. MEYZONNAT, M.H. GRAVELINE ET M.A. OUELLET** (2015). *Projet de connaissance des eaux souterraines du bassin versant de la zone Nicolet et de la partie basse de la zone Saint-François – Rapport final*. Rapport déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 258 p. et 19 annexes.
2. **LAROCQUE, M., G. MEYZONNAT, M.A. OUELLET, M.H. GRAVELINE, S. GAGNÉ, D. BARNETCHE ET S. DORNER** (2015). *Projet de connaissance des eaux souterraines de la zone de Vaudreuil-Soulanges – Rapport scientifique*. Rapport déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 202 p. et 16 annexes.
3. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** « Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines », dans le site du MELCC, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/programmes/acquisition-connaissance.htm (page consultée le 17/07/2019).
4. **VRBA, J., ET A. LIPPONEN** (ed.) (2007). *Groundwater resources sustainability indicators*, IHP-VI Series on groundwater nº 14, UNESCO, Paris, 114 p. et 2 annexes, [En ligne], https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000149754 (page consultée le 10/01/2020).
5. **AHNER, B.** *Assessing Groundwater Stress: An Approach of Measuring Groundwater Stress Based on Sub-National Statistical Data*. IGRAC. Pays-Bas, 17 p., [En ligne], https://www.un-igrac.org/resource/assessing-groundwater-stress-approach-measuring-groundwater-stress-based-sub-national (page consultée le 10/01/2020).
6. **HUND, S.V., D.M. ALLEN, L. MORILLAS ET M.S. JOHNSON** (2012). « Groundwater recharge indicator as tool for decision makers to increase socio-hydrological resilience to seasonal drought ». *Journal of Hydrology*, 563, p. 1119-1134.
7. **LEBLANC, Y., G. LÉGARÉ, K. LACASSE, M. PARENT ET S. CAMPEAU** (2013). *Caractérisation hydrogéologique du sud-ouest de la Mauricie*. Rapport final présenté au ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec. Université du Québec à Trois-Rivières, Département des sciences de l'environnement, 134 p. et 15 annexes.
8. **LAROCQUE, M., S. GAGNÉ, L. TREMBLAY ET G. MEYZONNAT** (2013). *Projet de connaissance des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Bécancour et de la MRC de Bécancour – Rapport final*. Rapport présenté au ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 219 p. et 19 annexes.
9. **FAGNAN, N., E. BOURQUE, Y. MICHAUD, R. LEFEBVRE, E. BOISVERT, M. PARENT ET R. MARTEL** (1999). « Hydrogéologie des complexes deltaïques sur la marge nord de la mer de Champlain, Québec ». *Hydrogéologie*, nº 4, p. 9-22.
10. **CARRIER, M.-A., R. LEFEBVRE, C. RIVARD, M. PARENT, J.-M. BALLARD, N. BENOIT, H. VIGNEAULT, C. BEAUDRY, X. MALET, M. LAURENCELLE, J.-S. GOSSELINI, P. LADEZÈVE, R. THÉRIAULT, I. BEAUDIN, A. MICHAUD, A. PUGIN, R. MORIN, H. CROW, E. GLOAGUEN, J. BLESSER, A. MARTIN ET D. LAVOIE** (2013). *Portrait des ressources en eau souterraine en Montérégie-Est, Québec, Canada*. Projet réalisé conjointement par l'INRS, la CGC, l'OBV Yamaska et l'IRDA dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines, rapport final, 283 p. et 7 annexes.
11. **PARADIS, D., M. SAVARD, M. NASTEV ET R. LEFEBVRE** (2002). *Atlas hydrogéologique du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec – Partie III: Caractérisation hydrogéologique régionale du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec*. Ressources naturelles Canada et Commission géologique du Canada, 48 p.
12. **NASTEV, M., M.M. SAVARD, R. LEFEBVRE, R. MARTEL, N. FAGNAN, E. BOURQUE, A. HAMEL, G. KARANTA ET J.M. LEMIEUX.** 2001. « Regional hydrogeological mapping project of the St. Lawrence Lowlands of southwestern Quebec: hydrogeological characterization work 1999-2000 ». Current Research 2001-D9, p. 1-10.
13. **RIVARD, C., H. VIGNEAULT, A.R. PIGGOTT, M. LAROCQUE, F. ANCTIL, L. TREMBLAY ET A.N. ROUSSEAU** (2008). « Examining the Impacts of Climate Change and Human Activities on Groundwater Recharge in Canada Using Historical Data ». Dans *GeoEdmonton 2008 : 61e conférence géotechnique canadienne et 9e conférence conjointe SCG/AIH-SNC sur les eaux souterraines*, tenue à Edmonton du 21 au 24 septembre 2008.

RÉFÉRENCES (SUITE)

14. **RIVARD, C., J. MARION, Y. MICHAUD, S. BENHAMMANE, A. MORIN, R. LEFEBVRE ET A. RIVERA** (2003). *Étude de l'impact potentiel des changements climatiques sur les ressources en eau souterraine dans l'est du Canada*. Ressources naturelles Canada et Commission géologique du Canada, 39 p. et 5 annexes.
15. **CONSEIL DES ACADÉMIES CANADIENNES** (2009). *La gestion durable des eaux souterraines au Canada*, Comité d'experts sur les eaux souterraines, CAC, Ottawa, 276 p. et 3 annexes, [En ligne], https://rapports-cac.ca/wp-content/uploads/2018/10/2009-05-11-gw-rapport.pdf (page consultée le 10/01/2020).
16. **HERBERT, C., ET P. DÖLL** (2019). « Global assessment of current and future groundwater stress with a focus on transboundary aquifers ». *Water Resources Research*, 55, p. 4760-4784, [En ligne], https://doi.org/10.1029/2018WR023321(page consultée le 10/01/2020).
17. **HOLMAN, I.P.** (2005). « Climate change impacts on groundwater recharge-uncertainty, shortcomings, and the way forward? », *Hydrogeology Journal*, vol. 14, p. 637-647.
18. **TALBOT POULIN, M.C., G. COMEAU, Y. TREMBLAY, R. THERRIEN, M.M. NADEAU, J.M. LEMIEUX, J. MOLSON, R. FORTIER, P. THERRIEN, L. LAMARCHE, F. DONATI-DAOUST ET S. BÉRUBÉ** (2013). *Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec – Rapport final*. Université Laval, Département de géologie et de génie géologique, 172 p. et 19 annexes.
19. **GOSSELIN, J.-S., F. HUCHET ET R. LEFEBVRE** (2019). *Indicateurs de l'état des ressources en eau souterraine sous l'effet du climat et de leur exploitation, rapport intérimaire*. Institut national de la recherche scientifique, rapport de recherche R1857, soumis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) en juin, 69 p. Information extraite des données brutes de l'étude.
20. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** « Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec », dans le site du MELCC, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/piezo/index.htm (page consultée le 10/01/2020).
21. **OURANOS.** « Portraits climatiques », dans le site d'Ouranos, [En ligne], https://www.ouranos.ca/portraitsclimatiques/#/ (page consultée le 12/11/2019).
22. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation: synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Partie 1: Évolution climatique au Québec*, édition 2015, Montréal, Québec, 114 p., [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SynthesePartie1.pdf (page consultée le 10/01/2020).
23. **CROSBIE, R. S., T. PICKETT, F.S. MPELASOKA, G. HODGSON, S.P. CHARLES ET O. V. BARRON** (2013). « An assessment of the climate change impacts on groundwater recharge at a continental scale using a probabilistic approach with an ensemble of GCMs ». *Climatic Change*, 117(1-2), p. 41-53.
24. **TAYLOR, R. G., B. SCANLON, P. DÖLL, M. RODELL, R. VAN BEEK, Y. WADA, L. LONGUEVERGNE, M. LEBLANC, J.S. FAMIGLIETTI, M. EDMUNDS, L. KONIKOW, T.R. GREEN, J. CHEN, M. TANIGUCHI, M.F.P. BIERKENS, A. MACDONALD, Y. FAN, R.M. MAXWELL, Y. YECHIELI, J.J. GURDAK, D.M. ALLEN, M. SHAMSUDDUHA, K. HISCOCK, P.J.F. YEH, I. HOLMAN ET H. TREIDEL** (2013). « Ground water and climate change ». *Nature Climate Change*, 3(4), p. 322-329.
25. **DÖLL, P.** (2009). « Vulnerability to the impact of climate change on renewable groundwater resources: A global-scale assessment ». *Environmental Research Letters*, 4(3), 035006.
26. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** *Atlas hydroclimatique du Québec méridional*, dans le site du MELCC, [En ligne], http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/CruesPrintanieres/Q1max2P.htm (page consultée le 17/07/2019).
27. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS.** « Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques », dans le site du MELCC, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan_action/2006-2012_fr.pdf (page consultée le 17/07/2019).
28. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** « Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques », dans le site du MELCC, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/plan-action-fonds-vert.asp (page consultée le 17/07/2019).
29. **DOMAINE, J., R. LEFEBVRE, F. HUCHET, M. RAYNAULD ET S. LAHARARTI** (2020). *Rapport de la Phase 1 – Indicateurs de stress hydrique à l'échelle régionale: revue et applicabilité au contexte québécois*. Rapport de recherche R1866, soumis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) en février 2020, 71 p. et annexes. Information extraite des données brutes de l'étude.

MILIEUX HUMIDES

- Écologie et biodiversité floristique en milieux humides
- Espèces floristiques en situation précaire
- Évolution spatiotemporelle des milieux humides
- Population de sauvagine
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)



Écologie et biodiversité floristique en milieux humides

INDICATEUR EN DÉVELOPPEMENT

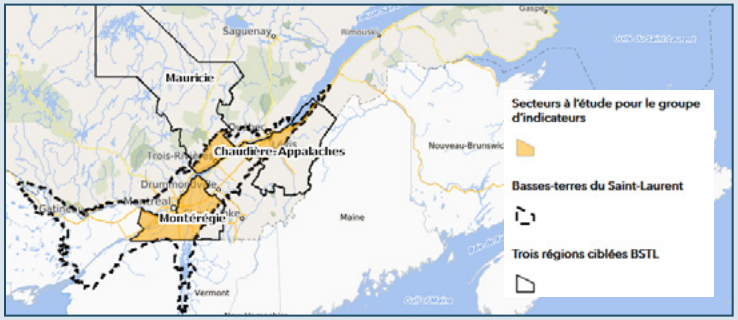
Les données des indicateurs du groupe *Écologie et biodiversité floristique en milieux humides* seront obtenues par le réseau de suivi de la biodiversité du Québec, établi dans un contexte de changements climatiques (collaboration MELCC-MFFP, PACC 29.1.4). Dans ce large réseau, de nombreux indicateurs de divers types et de différents milieux sont suivis dans un intervalle de cinq ans ou moins. Entre 2016 et 2019, 53 milieux humides différents (tourbière ou marais) répartis dans 41 secteurs (cellules) ont été inventoriés sur l'ensemble du Québec (incluant le Nunavik). Le réseau de suivi de la biodiversité du Québec étant actuellement en déploiement, il n'est pas possible dans le présent rapport sur l'eau de fournir l'état actuel de ce groupe d'indicateurs. Il sera cependant possible de le faire dans le prochain rapport sur l'eau.

Dans le rapport sur l'eau, le groupe d'indicateurs sera suivi dans des tourbières et marais ciblés situés dans trois régions, soit la Montérégie, Mauricie et Chaudière-Appalaches, mais qui se retrouveront à l'intérieur des basses-terres du Saint-Laurent (BTSL) (figure 1). Cette province naturelle des BTSL a été sélectionnée, puisque les milieux humides du territoire ont subi des impacts[32], à cause notamment de la densité de la population, de l'urbanisation de son territoire et d'autres activités anthropiques s'y déroulant. Ainsi, l'écologie et la biodiversité des milieux humides ont sans doute aussi subi des impacts et le suivi permettra d'en faire état.

DESCRIPTION

Le groupe d'indicateurs *Écologie et biodiversité floristique en milieux humides* sera couvert par l'indicateur *Phénologie par télédétection* à l'aide de l'indice de différence normalisée de la végétation, qui sera couplé à l'indicateur terrain *Phénologie des végétaux par caméra*. Ceux-ci permettront de faire état de l'apparition des différents évènements phénologiques et de la vitesse de croissance des plantes durant une saison. Le suivi à long terme permettra aussi d'obtenir un indice d'éventuels changements de divers facteurs climatiques ou microclimatiques. L'indicateur terrain *Communautés de plantes vasculaires et invasculaires* permettra de décrire l'état de référence de la richesse spécifique des sites sélectionnés, et permettra par le suivi à long terme d'évaluer les changements de compositions végétales, le cas échéant, et d'expliquer les changements phénologiques observés.

Figure 1 Régions ciblées des basses-terres du Saint-Laurent pour le groupe d'indicateurs écologie et biodiversité



Source: Gouvernement du Québec, 2020

La carte présente les trois régions ciblées (Montérégie, Mauricie et Chaudière-Appalaches) dans les basses-terres du Saint-Laurent (BTSL), où les données d'indicateurs de milieux humides seront récoltées dans le cadre du Rapport sur l'eau.

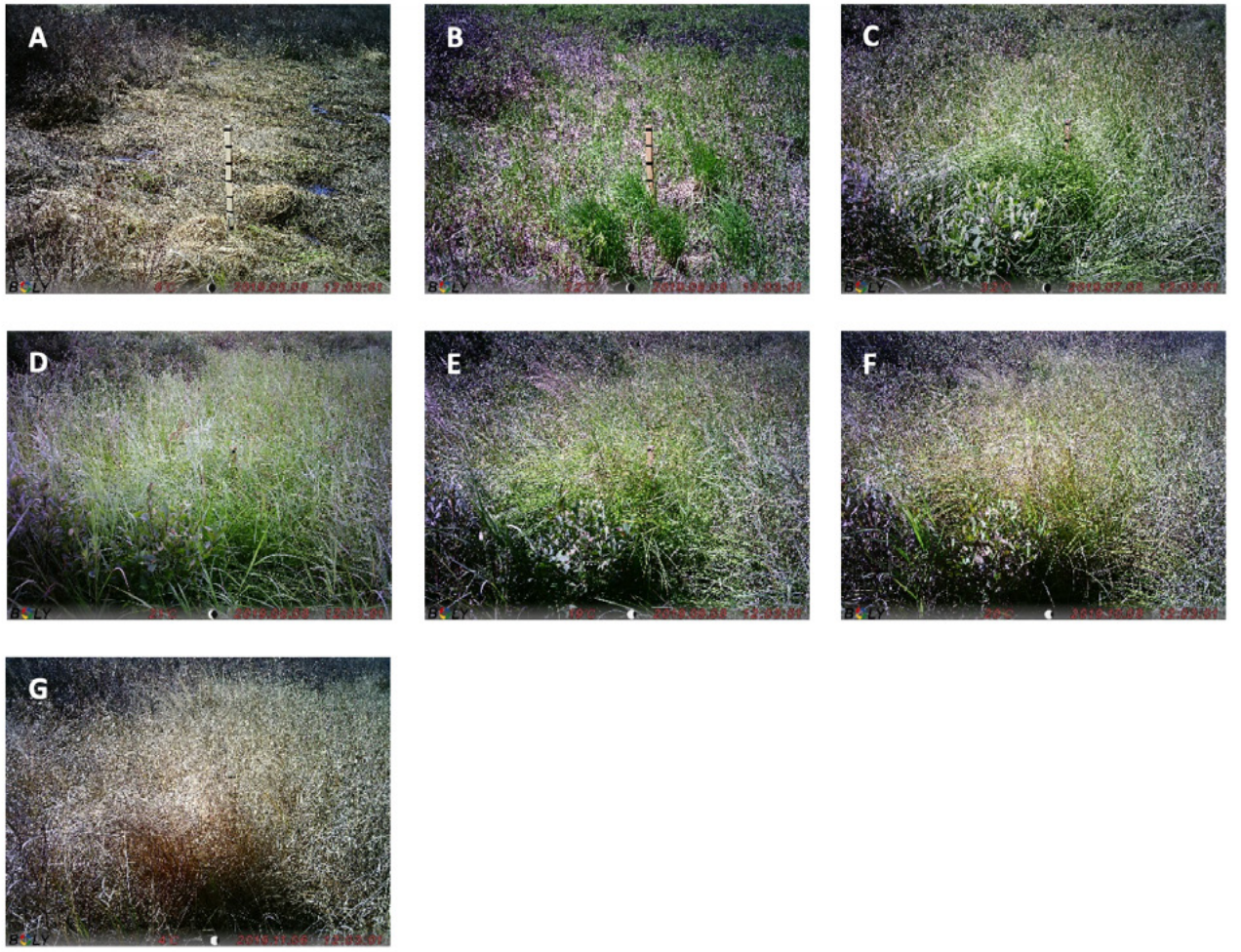
Rédigée par: **Direction de la protection des espèces et des milieux naturels**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Pour chaque site de tourbière ou marais visité, deux types de récoltes de données seront réalisés:

- La mise en place de trois caméras photographiques qui permettront de faire état de l'apparition des différents évènements phénologiques: floraison, feuillaison, fructification, coloration des feuilles des végétaux, chute des feuilles, etc. Aussi, ceci permettra d'évaluer la vitesse de croissance des plantes durant une saison (figure 2)[3,41]. Il sera possible de produire, au cours des prochaines années, une courbe phénologique de l'indice de verdissement pour une communauté végétale dans un site à une année donnée (figure 3).

- L'inventaire des espèces floristiques (vasculaires et invasculaires) dans des parcelles de 400 m^2 permettra de dresser un portrait de la biodiversité, notamment à partir de la richesse spécifique (c'est-à-dire un nombre d'espèces) (figure 4). Plusieurs éléments peuvent ressortir pour décrire la richesse spécifique selon les données récoltées et si l'on veut l'état d'un site à un temps donné ou le comparer sur différentes années ou avec d'autres sites de mêmes types de milieux, etc. Il est aussi possible de faire ressortir la richesse spécifique selon le type ou la fonction des espèces inventoriées (indigènes versus introduites, présences d'espèces de milieux humides obligés, etc.).

Figure 2 Croissance de la végétation dans un marais au cours d'une saison



Source: Réseau de suivi de la biodiversité du Québec

Extraits de 7 images durant la croissance de la végétation sur une période de 6 mois en 2019 au même point d'un milieu humide de type marais (A: 8 mai, mise en place de l'appareil, B: 8 juin, C: 8 juillet, D: 8 août, E: 8 septembre, F: 8 octobre, et G: 6 novembre, retrait de l'appareil) – L'indicateur *Phénologie par caméra* permet d'observer et d'analyser plusieurs éléments de la croissance des végétaux (floraison, feuillaison, fructification, chute des feuilles, etc.).

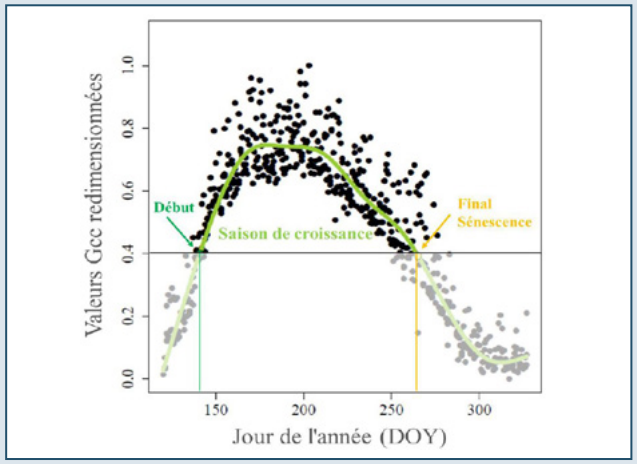
Lieu: Québec méridional

Exemple de résultats attendus: dans une parcelle de 400 m² d'un marais situé dans la région de la Capitale-Nationale, faisant partie du Réseau de suivi de la biodiversité du Québec, il y avait en 2019 une richesse spécifique d'au moins 25 taxons floristiques vasculaires (valeur obtenue à partir de deux inventaires, soit un printanier et un estival), dont au moins 15 taxons étaient hygrophiles (obligés ou facultatifs des milieux humides). À noter que ces données sont préliminaires et conservatrices.

PORTRAIT GÉNÉRAL DE LA BIODIVERSITÉ FLORISTIQUE AU QUÉBEC

Il y aurait environ 60 000 espèces inventoriées au Québec (faune, flore, etc.)[3]. Actuellement, la biodiversité floristique (ou végétale) du Québec comprend 1 936 espèces de plantes vasculaires indigènes (arbres, arbustes, plantes herbacées et lianes) répertoriées sur l'ensemble du Québec, et le nombre atteint 2 781 espèces si les espèces introduites (acclimatées, exotiques envahissantes, etc.) sont incluses[6]. Il y a 682 espèces de plantes vasculaires dans le Québec méridional qui sont actuellement considérées comme hygrophiles (facultatives ou obligées des milieux humides; c'est-à-dire qui sont adaptées aux conditions particulières en eau des milieux humides et hydriques). Cette liste inclut les espèces indigènes et plusieurs espèces introduites[2]. De plus, il y a 869 espèces de bryophytes (invasculaires) indigènes répertoriées sur l'ensemble du Québec[46,6]. Par bryophytes, on entend les sphaignes,

Figure 3 Courbe phénologique de l'indice de verdissement pour une communauté végétale dans un marais



Graphique montrant un exemple type de courbe phénologique – On peut y observer le début et la fin (senescence) de la saison de croissance pour l'indicateur *Phénologie par caméra* (extrait de Roca et collab., 2018[38]).

Figure 4 Parcelle d'inventaire de l'indicateur *Communauté de plantes vasculaires et invasculaires*

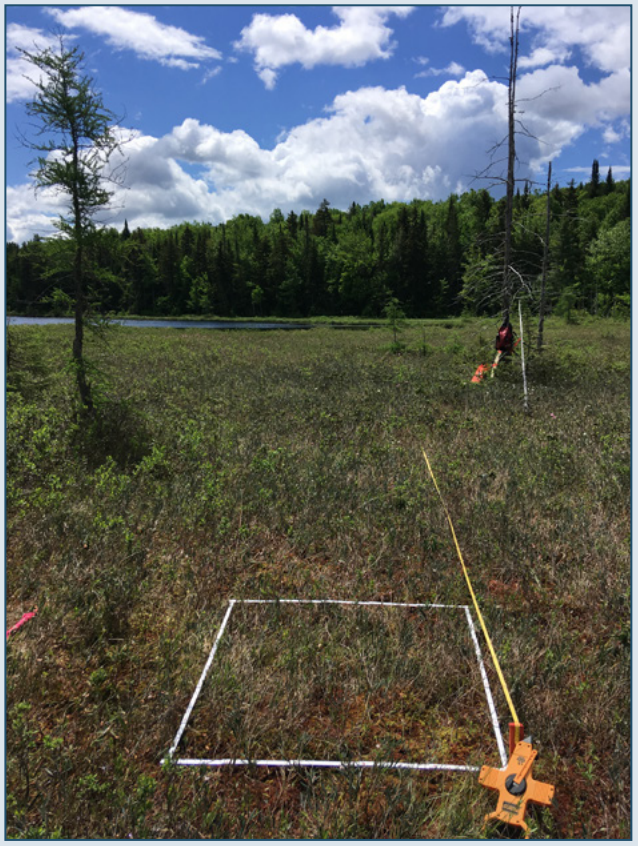


Photo: Chantale Langevin

Vue d'un transect et d'un quadrat faisant partie d'une parcelle d'inventaire de 400 m² de l'indicateur de biodiversité *Communauté de plantes vasculaires et invasculaires* dans un milieu humide de type tourbière du Québec méridional dans le cadre du Réseau de suivi de la biodiversité du Québec.

anthocérotes, hépatiques et mousses. Quelques espèces de bryophytes sont considérées comme hygrophiles, particulièrement plusieurs sphaignes qui sont souvent associées aux milieux humides de type tourbière. Toutefois, le nombre de bryophytes hygrophiles n'est pas disponible actuellement. De plus, il y aurait environ 1 400 espèces de lichens répertoriées à ce jour au Québec[14]. Ce nombre ne précise toutefois pas s'il s'agit d'espèces indigènes seulement ou si cette donnée inclut des espèces introduites. Le nombre de lichens hygrophiles n'est pas disponible. Prendre note que les données présentées plus haut constituent un état général pour le Québec et que l'état des indicateurs du groupe *Écologie et biodiversité floristique en milieux humides*, qui sera réalisé dans le cadre du rapport sur l'eau, ne permettra pas une mise à jour spécifique de ces données acquises au fil du temps.

PRESSIONS

De nombreuses pressions agissent sur les milieux humides, induisant leur déclin en qualité et en nombre et provoquant des effets immédiats et à long terme sur la biodiversité[7]. Voici les principaux:

Barrage: la construction de barrages hydroélectriques est la principale source de perte de superficie de tourbières au Québec, où 120 000 ha de tourbières ont été inondés, soit 1 % de l'ensemble des tourbières de la province[35].

Drainage: le drainage des milieux humides, notamment des tourbières, est pratiqué entre autres pour stabiliser le sol pour les constructions immobilières ou les routes, pour augmenter la productivité en agriculture ou en foresterie et pour réaliser des activités industrielles comme l'extraction de la tourbe[23]. Lorsqu'une tourbière subit du drainage, plusieurs modifications peuvent survenir sous la surface et provoquer des modifications de la végétation présente. En effet, la végétation de tourbière est adaptée à un milieu constamment humide, et le drainage entraînant l'assèchement du milieu humide sur une longue période engendrera des changements dans la composition et dans l'abondance de la végétation. Par exemple, une substitution progressive d'une végétation typique de tourbière vers une végétation forestière[23].

Urbanisation: l'urbanisation aura tendance à réduire les superficies végétalisées, notamment de milieux naturels. Toutefois, concernant la biodiversité floristique, l'effet ne sera pas toujours une perte de richesse spécifique et pourrait être une modification dans la composition floristique (ex.: présence de groupes fonctionnels différents, composition des assemblages différents, augmentation du pourcentage d'espèces introduites ou exotiques envahissantes, pertes d'espèces en situation précaire, remplacement d'espèces obligées de milieux humides spécifiques par d'autres, etc.)[26,12,15,10,11].

FORCES

- Activités anthropiques en général[7]
- Urbanisation[10,11,12,13,15,23,26,48]
- Infrastructures de transport[23]
- Activités industrielles (incluant l'extraction de la tourbe)[23,34,35,37]
- Activités forestières[20,23,35,37]
- Activités agricoles[19,23,25,31,35,37,49,50]
- Barrages[35]
- Broutement par les herbivores[18]
- Drainage artificiel des milieux humides[20,21,23,34,37,39,44,45]
- Récolte de plantes sauvages indigènes (médicales et aromatiques, alimentaires, ornementales, etc.)[24]
- Introduction d'espèces floristiques exotiques envahissantes[51]

IMPACTS

- Perte des mécanismes de défense naturelle face aux sinistres et coûts d'adaptation liés[59]
- Mise en danger d'espèces végétales représentant un potentiel de récolte pour l'humain[24]
- Perte de services écologiques (multiples)[7,43,59]
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[17,47,56,57]
- Modification dans la distribution et perte d'espèces floristiques (et fauniques)[1,7,58, 83]
- Modification et perte d'habitats floristiques (et fauniques)[57,82,83]
- Apparition d'espèces exotiques (envahissantes ou non)[26,51,59]

Agriculture: l'agriculture est souvent pratiquée près des écosystèmes naturels et occupe une partie importante du territoire, notamment dans le sud du Québec. Au Québec, environ 11 000 ha de tourbières sont utilisés pour l'agriculture[35,23]. Ainsi, la biodiversité végétale sera nécessairement modifiée[25] par différentes pratiques agricoles. L'utilisation de pesticides influence grandement la richesse spécifique sur un territoire donné et peut engendrer des impacts négatifs sur la biodiversité[19]. Du drainage est notamment réalisé pour transformer des milieux humides en terres noires cultivables pour l'agriculture[35;23]. La machinerie agricole lourde circulant dans certains écosystèmes peut également induire la compaction du sol et une dégradation de l'environnement[50]. Les activités agricoles non durables ont donc le potentiel de diminuer la biodiversité, notamment par la fragmentation d'habitats pour la végétation et la faune, la réduction ou la disparition des espèces sensibles en facilitant l'établissement et l'extension d'espèces invasives et l'homogénéisation de la microtopographie[49].

Activités industrielles: la production de tourbe horticole est un domaine important au Canada. Au Québec, les superficies drainées pour sa récolte étaient estimées à 6 000 ha en 2011[23]. Pour les autres activités industrielles, les impacts sur les milieux humides et leur biodiversité sont liés aux activités générales d'implantation ou d'exploitation de l'industrie en général: drainage, empiètement, destruction, rejet, déversement, etc.

Foresterie: les sols humides ont un effet sur la croissance de certaines espèces. Le drainage forestier après coupe a été souvent réalisé en forêt boréale dû à une remontée de la nappe phréatique après coupe ou sur les sites mal drainés (souvent associés aux milieux humides). Le drainage forestier cause des changements environnementaux à l'intérieur et à l'extérieur de l'écosystème des milieux humides[20]. Il est estimé qu'environ 70 000 ha de tourbières ont été drainés au Québec pour la foresterie entre 1983 et 2003[35;23]. Le drainage d'une tourbière favorise notamment l'arrivée de nouvelles espèces végétales forestières. Plus la fermeture de la canopée est prononcée, plus la richesse des espèces végétales préférentielles aux tourbières ombrotrophes diminue, ce qui peut donc contribuer au déclin de la biodiversité régionale. Les impacts peuvent également se faire sentir en marge des tourbières[23].

Récolte de plantes sauvages indigènes: au Québec, plusieurs plantes sauvages indigènes sont récoltées pour des usages médicaux, médicinaux, aromatiques, alimentaires, ornementaux, etc. Certaines des espèces indiquées dans Léger[24] sont des espèces hygrophiles de la liste de Bazoge[2]. Outre pour certaines de ces espèces ayant un statut d'espèces menacées ou vulnérables, il y a peu d'étude sur celles-ci et leur récolte[24]. La surexploitation pourrait avoir un effet sur ces ressources importantes pour l'humain, mais aussi sur la biodiversité en général[24].

Broutement: malgré qu'il s'agisse d'une pression naturelle, « […] les populations d'herbivores [oies, cervidés, etc.] peuvent occasionner de grands bouleversements pour la production, la structure et la composition des communautés végétales[18] ».

Introduction d'espèces floristiques exotiques envahissantes: les plantes exotiques sont introduites pour se nourrir, se soigner, se vêtir, leur beauté, par inadvertance, etc. Les plantes envahissantes ont un effet sur la biodiversité des plantes indigènes, les entourant en les compétitionnant (lumière, eau, nutriments, etc.)[51].

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques (CC) ont et auront un effet important sur le patrimoine naturel du Québec. La température et les précipitations sont les principaux facteurs climatiques structurant la biodiversité[3,30,1]. Face aux CC, les populations fauniques et floristiques du Québec peuvent répondre de trois façons: (i) subsister en s'adaptant aux nouvelles conditions, (ii) ou disparaître et se reformer ailleurs par dispersion de certains individus, (iii) ou disparaître[3]. Certains groupes pourraient naturellement s'adapter, mais les CC risquent d'être plus rapides que la capacité de plusieurs à suivre les changements de température ou de précipitations, comme les arbres et les plantes herbacées. De plus, les effets des CC sur la biodiversité seront plus importants en présence d'autres pressions, comme la modification des habitats, la surexploitation des ressources, la pollution, les espèces envahissantes, etc.[30] Les changements dans la distribution spatiale et temporelle des précipitations, leur intensité, la fréquence des évènements extrêmes, les quantités sous forme de neige, etc., auront également un impact sur le système des eaux de surface et souterraines, etc.[22]

Les CC provoqueront diverses pressions sur les milieux humides (MH) et auront un impact sur leur composition floristique (indigènes, typiques de MH, etc.), par exemple:

1. **Phénologie en MH[36]:** les changements des températures (ex.: printemps hâtif, gels tardifs printaniers, etc.) modifieront l'apparition de certains évènements du cycle de vie (floraison, feuillaison, fructification, etc.) et la vitesse de croissance des plantes[3,41]. La phénologie est un paramètre ayant une forte réponse aux CC et la date où débutent les processus printaniers de croissance et de reproduction a un effet sur la capacité des individus à survivre ou se multiplier[3], ainsi que sur plusieurs fonctions écologiques telles que la pollinisation, l'herbivorie, l'absorption du carbone, etc.[40]
2. **Communautés de plantes vasculaires et invasculaires en MH:** sachant que les changements des températures et des précipitations modifieront les systèmes d'alimentation en eau des MH, certaines espèces floristiques pourraient devoir se déplacer[16] vers un habitat propice et d'autres pourraient apparaître, modifiant la richesse et la composition végétale. Une étude dans une tourbière des BTSL indique qu'il est plausible que les changements floristiques observés entre 1978 et 2015 aient été provoqués en partie par un assèchement des conditions hydrologiques de surface causé par plusieurs facteurs anthropiques soutenus par les CC[4]. Les CC agiraient aussi sur l'augmentation de la concentration en CO_2 dans les tourbières, pouvant accroître l'abondance des plantes vasculaires aux dépens des mousses[1].

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)
- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)
- Diminution de la couverture de glace (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)
- Incendies de forêt plus importants[59]
- Modification de l'apparition des évènements saisonniers et de la vitesse de croissance[3]
- Modifications des températures en général (comme facteur climatique principal au Québec)[1,3,4,16,17,30,33,40,42,47,58,59]
- Changements des régimes de précipitations en général (abondance, fréquence, intensité, distribution spatiale et temporelle, couvert de neige, etc.)[1,3,4,16,17,22,30,42,47,58,59]

Par son suivi à long terme, le Réseau de suivi BdQc permettra de détecter des changements dans la phénologie, la richesse spécifique et la composition végétale en lien avec les CC. L'adaptation aux CC du groupe d'indicateurs passe nécessairement par la protection, la conservation et la restauration des MH[42]. Les impacts des CC sur la biodiversité et les défis d'adaptation diffèrent selon les régions, mais voici quelques autres stratégies d'adaptation pour la biodiversité floristique en milieux humides: connectivité écologique et adaptation du réseau d'aires protégées, utilisation d'outils d'aide à la décision contre les invasions biologiques, évaluation de la valeur économique des MH, planification du suivi de la biodiversité, utilisation d'outils pour cartographier les MH pour décider, évaluer et intervenir, etc.[30] Les corridors aident notamment les plantes (moins mobiles) à se disperser par le déplacement d'espèces animales importantes à leur cycle de vie (ex.: pollinisateurs), en offrant de possibles conditions et un habitat propices à la germination et à la survie, etc.[1]

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Canada)

- Politique sur la conservation des terres humides[72]

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (chapitre C-6.2) (Loi sur l'eau)[73]
- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)[75]
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)[79]
  - *Règlement sur la protection des forêts* (RLRQ, c. A-18.1, r. 10.1)[80]
- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)[74]
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)[77]
  - *Règlement sur les espèces floristiques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (RLRQ, c. E-12.01, r. 3)[81]
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)[76]
  - *Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques* (R.Q c. Q-2, r. 9.1) (RCAMHH)[78]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)[63]
- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
- Plan de conservation d'espèces floristiques menacées et vulnérables du gouvernement du Québec[61,62]
- Plan de conservation des milieux humides[60]
- Plans régionaux des milieux humides et hydriques[66]
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
- Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)[55]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Canada)

- Programme de conservation du patrimoine naturel[70]
- Programme de rétablissement, plan d'action, plan de gestion, d'espèces en périls du gouvernement du Canada[71]

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de la production des Plans régionaux des milieux humides et hydriques[67]
- Financement de projets de restauration et d'aménagement d'habitats
- Programme de restauration et de création de milieux humides et hydriques (PRCMHH)[68]

SOUTIEN FINANCIER (Canada)

- Fonds de la nature du Canada[69]

AUTRES

- Campagnes d'éradication d'espèces exotiques envahissantes
- Campagne de sensibilisation
- Développement et mise à jour de la cartographie
- Cartographie détaillée des milieux humides pour les secteurs habités du sud du Québec (CIC)[64]
- Cartographie des milieux humides potentiels[65]
- Rapports et publications de sensibilisation
- Réintroduction d'espèces
- Réseaux de suivis (plusieurs au Québec)
- Réseau de suivi de la biodiversité du Québec (suivi BdQc)

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Convention sur la diversité biologique[8]
  https://www.cbd.int/
- Centre de la science de la biodiversité du Québec[9]
  https://qcbs.ca/fr/
- La biodiversité au Québec[27]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/inter.htm
- Milieux humides[28]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rives/milieuxhumides.htm
- La biodiversité[29]
  https://mffp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/biodiversite/index.jsp
- Assessment Reports[52]
  https://ipbes.net/assessment-reports
- Plateforme internationale sur la biodiversité et les services écologiques[53]
  https://ipbes.net/
- Quebio - La biodiversité du Québec[54]
  https://quebio.ca/fr

RÉFÉRENCES

1. **AUZEL, P., H. GAONAC'H, F. POISSON, R. SIRON, S. CALMÉ, M. BELANGER, M.M. BOURASSA, A. KESTRUP, A. CUERRIER, A. DOWNING, C. LAVALLÉE, F. PELLETIER, J. CHAMBERS, A.E. GAGNON, M.C. BÉDARD, Y. GENDREAU, A. GONZALEZ, M. MITCHELL, J. WHITELEY ET A. LAROCQUE** (2012). *Impacts des changements climatiques sur la biodiversité du Québec: résumé de la revue de littérature*, CSBQ, MDDEP, Ouranos, 29 p., [En ligne], https://qcbs.ca/wp-content/uploads/2012/03/Revue-de-litt%C3%A9rature-R%C3%A9sum%C3%A9-Web.pdf.
2. **BAZOGE, A., D. LACHANCE ET C. VILLENEUVE** (2015). *Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'expertise en biodiversité et Direction de l'aménagement et des eaux souterraines, 64 p. + annexes.
3. **BERTEAUX, D., N. CASAJUS ET S. DE BLOIS** (2014). *Changements climatiques et biodiversité du Québec: vers un nouveau patrimoine naturel*, Presses de l'Université du Québec. Rimouski, Québec, 214 p.
4. **BLANCHARD, F., S. PELLERIN ET M. POULIN** (2018). « La tourbière de la base de plein air de Sainte-Foy: quatre décennies de changements floristiques », *Le Naturaliste canadien*, vol. 142, nº 3, p. 22-30, [En ligne], https://www.erudit.org/en/journals/natcan/2018-v142-n3-natcan03938/1050995ar.pdf.
5. **BROUILLET, L., F. COURSOL, S.J. MEADES, M. FAVREAU, M. ANIONS, P. BÉLISLE ET P. DESMET** (2010). *VASCAN, la Base de données des plantes vasculaires du Canada*, [En ligne], [http://data.canadensys.net/vascan/] (page consultée le 28 octobre 2019).
6. **CHAMBERS, D.** (2019). Communication personnelle, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de la protection des espèces et des milieux naturels.
7. **CONVENTION DE RAMSAR SUR LES ZONES HUMIDES** (2018). *Perspectives mondiales des zones humides: état des zones humides à l'échelle mondiale et des services qu'elles fournissent à l'humanité, 2018*, Gland, Suisse: Secrétariat de la Convention de Ramsar, 84 p. [En ligne], https://static1.squarespace.com/static/5b256c78e17ba335ea89fe1f/t/5ca370819140b7e106be2869/1554215059330/Ramsar+GWO_FRENCH_WEB+2019UPDATE.pdf.
8. **CONVENTION SUR LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE,** 2019. « Page d'accueil », dans le site *convention sur la diversité biologique*, [En ligne]. https://www.cbd.int/ (page consultée en décembre 2019).
9. **CSBQ,** 2019. « Page d'accueil », dans le site *centre de la science de la biodiversité du Québec*, [En ligne]. https://qcbs.ca/fr/ (page consultée en décembre 2019).
10. **DOLAN, R.W., M.F.J. ARONSON ET A.L. HIPP** (2017). « Floristic response to urbanization: Filtering of the bioregional flora in Indianapolis, Indiana, USA », *American journal of botany*, vol. 104, nº 8, p. 1179-1187, [En ligne], https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.3732/ajb.1700136.
11. **DOLAN, R.W., M.E. MOORE ET J.D. STEPHENS** (2011). « Documenting effects of urbanization on flora using herbarium records », *Journal of Ecology*, vol. 99, p. 1055-1062, [En ligne], https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2745.2011.01820.x.
12. **EHRENFELD, J. G.** (2005). « Vegetation of forested wetlands in urban and suburban landscapes in New Jersey », *The Journal of the Torrey Botanical Society*, vol. 132, nº 2, p. 262-279.
13. **EPPINK, F.V., J.C.J.M. DEN VAN BERGH ET R. PIET RIETVELD** (2004). « Modelling biodiversity and land use: urban growth, agriculture and nature in a wetland area », *Ecological economics*, vol. 51, nºs 3-4, p. 201-216.
14. **GAGNON, J.** (3 décembre 2019). *L'état des lichens au Québec*, [Courriel]
15. **GODEFROID, S., ET N. KOEDAM** (2003). *Distribution pattern of the flora in a peri-urban forest: an effect of the city-forest ecotone*. Landscape and Urban Planning, vol. 65, 169-185.
16. **GOUVERNEMENT DE L'ONTARIO** (2019). « Le changement climatique et les ressources naturelles », dans le site gouvernement de l'Ontario, [En ligne], https://www.ontario.ca/fr/page/le-changement-climatique-et-les-ressources-naturelles (page consultée en décembre 2019).
17. **GENDREAU, Y., A. LACHANCE, M. RICARD, H. GILBERT, N. CASAJUS ET D. BERTEAUX** (2018). « Changements climatiques: défis et perspectives pour les plantes vasculaires en situation précaire au Québec», *Le Naturaliste canadien*, vol. 142, nº 1, p. 16-35.
18. **GRAHAM-SAUVÉ, M.** (2008). *Effets en cascade du climat et des interactions trophiques indirectes sur les plantes de la toundra broutées par l'oie des neiges*, Mémoire. Rimouski, Québec, Université du Québec à Rimouski, Département de biologie, chimie et géographie, 85 p., [En ligne], http://semaphore.uqar.ca/88/.

RÉFÉRENCES (SUITE)

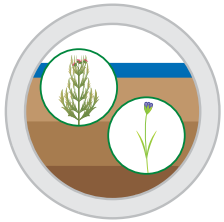
19. **HERVIEUX GAUDREAU, C.** (2012). *Intégration de la biodiversité dans l'agroécosystème: cas européens et cas québécois*, essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et en développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.), 147 p., [En ligne], https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/7234/cufe_Hervieux-Gaudreau_Cassandre_essai269.pdf?sequence=1.
20. **JUTRAS, S., J. BÉGIN ET A. P. PLAMONDON** (2002). « Impact du drainage forestier après coupe sur la croissance de l'épinette noire en forêt boréale », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 32, p. 1585-1596, [En ligne], https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/x02-062.
21. **LAINE, J., H. VASANDER ET R. LAIHO** (1995). « Long-term effects of water level drawdown on the vegetation of drained pine mires in southern Finland », *Journal of Applied Ecology*, vol. 32, nº 4, p. 785-802.
22. **LAMBERT, S.** (2011). *Impacts des changements climatiques sur la disponibilité de l'eau dans le sud du Québec*, essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et en développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.), 58 p., [En ligne], https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/7271/cufe_Lambert_S__15-07-2011_essai193.pdf?sequence=1.
23. **LANDRY, J., ET L. ROCHEFORT** (2011). *Le drainage des tourbières: impacts et techniques de remouillage*, Groupe de recherche en écologie des tourbières, Université Laval, Québec, 53 p., [En ligne], http://www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/media/Revue_drainage-FINAL_01.PDF.
24. **LÉGER, A.** (2008). *Biodiversité des plantes médicinales québécoises et dispositifs de protection de la biodiversité et de l'environnement*, mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en sciences de l'environnement, Université du Québec à Montréal, 186 p., [En ligne], https://archipel.uqam.ca/967/1/M10299.pdf.
25. **HONGYU LIU, SHIKUI ZHANG, ZHAOFU LI, XIANGUO LU, AND QING YANG,** 2004. « Impacts on Wetlands of Large-scale Land-use Changes by Agricultural Development: The Small Sanjiang Plain, China » *A Journal of the Human Environment*, vol. 33, nº 6, p. 306-310, [En ligne], https://www.researchgate.net/profile/Zhaofu_Li/publication/8328074_Impacts_on_Wetlands_of_Large-scale_Land-use_Changes_by_Agricultural_Development_The_Small_Sanjiang_Plain_China/links/557d1fcf08aeea18b776ab8a.pdf.
26. **MCKINNEY M.L.** (2008). « Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals », *Urban Ecosystems*, vol. 11, p. 161-176.
27. **MELCC,** 2019a. « La biodiversité au Québec », dans le site *ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques*, [En ligne]. http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/inter.htm (page consultée en décembre 2019).
28. **MELCC**, 2019b. « Milieux humides », dans le site *ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques*, [En ligne]. http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rives/milieuxhumides.htm (page consultée en décembre 2019).
29. **MFFP,** 2019. « La biodiversité », dans le site *ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs*, [En ligne]. https://mffp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/biodiversite/index.jsp (page consultée en décembre 2019).
30. **OURANOS** 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec, Édition 2015, Montréal, Québec, 415 p., https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseRapportfinal.pdf.
31. **PASQUET, S., S. PELLERIN ET M. POULIN** (2015). « Three decades of vegetation changes in peatlands isolated in an agricultural landscape », *Applied Vegetation Science*, vol. 18, nº 2, p. 220-229.
32. **PELLERIN, S., ET M. POULIN** (2013). *Analyse de la situation des milieux humides au Québec et recommandations à des fins de conservation et de gestion durable*, rapport pour le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 85 p. + annexe, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rives/Analyse-situation-milieux-humides-recommandations.pdf.
33. **PÉRIÉ, C., S. DE BLOIS, M.-C. LAMBERT ET N. CASAJUS** (2014). *Effets anticipés des changements climatiques sur l'habitat des espèces arborescentes au Québec*, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, mémoire de recherche forestière nº 173, 46 p., [En ligne], https://www.researchgate.net/profile/Catherine_Perie2/publication/280946047_Effets_anticipes_des_changements_climatiques_sur_l%27habitat_des_especes_arborescentes_au_Quebec/links/55cdfeaf08aee19936f9b49d/Effets-anticipes-des-changements-climatiques-sur-lhabitat-des-especes-arborescentes-au-Quebec.pdf.
34. **POULIN, M., L. ROCHEFORT ET A. DESROCHERS** (1999). « Conservation of bog plant species assemblages: Assessing the role of natural remnants in mined sites », *Applied Vegetation Science*, vol. 2, nº 2, p. 169-180 [En ligne], http://www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrerecherche/Poulin_AppVegSci_1999_01.pdf.
35. **POULIN, M., L. ROCHEFORT, S. PELLERIN ET J. THIBAULT** (2004). « Threats and protection for peatlands in Eastern Canada », *Geocarrefour*, vol. 79, nº 4, p. 331-334, [En ligne], https://journals.openedition.org/geocarrefour/875.
36. **PROULX, R.** (30 octobre 2019). *Phénologie en milieux humides en lien avec les travaux et articles de son étudiant Guillaume Rheault*, [Courriel]
37. **PAYETTE, S., ET L. ROCHEFORT** (2001). *Écologie des tourbières*, Les Presses de l'Université Laval, 625 p.
38. **ROCA, I.T., G. RHEAULT ET R. PROULX** (2018). *Développement des outils de commande R pour l'extraction automatisée des indicateurs bioacoustiques et photographiques: sélection et interprétation d'indicateurs de la biodiversité et du fonctionnement des écosystèmes en lien avec les changements climatiques*, Chaire de recherche du Canada en intégrité écologique, Université de Québec à Trois-Rivières, 37 p.
39. **REMM L., P. LÕHMUS, M. LEIS ET A. LÕHMUS** (2013). « Long-Term Impacts of Forest Ditching on Non-Aquatic Biodiversity: Conservation Perspectives for a Novel Ecosystem », *Plos one*, vol. 8, nº 4, p. 1-13, [En ligne], https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0063086&type=printable.
40. **RHEAULT, G., E. LEVESQUE ET R. PROULX** (Soumis). « Diversity of plant assemblages has a strong stabilizing effect on the growing season phenology of wetland ecosystems », *Ecosystems*.

RÉFÉRENCES (SUITE)

41. **RHEAULT, G., R. PROULX, ET L. BONIN** (2015). « Plant species richness prolongs the growing season of freely assembled riparian herbaceous communities under dry climatic conditions ». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 200, p. 71-78.
42. **ROUSSEAU, A.N., S. SAVARY ET M. FOSSEY** (2013). *Modélisation hydrologique des milieux humides dans les basses-terres du Saint-Laurent*. Rapport final du volet hydrologique du projet Outils d'analyses hydrologique, économique et spatiale des services écologiques procurés par les milieux humides des basses-terres du Saint-Laurent: adaptations aux changements climatiques, Rapport R-1436, Centre Eau, Terre et Environnement, Institut national de la recherche scientifique, INRS-ETE, Québec, PQ: x, 82 p., [En ligne], http://espace.inrs.ca/1660/1/R001436.pdf.
43. **RUSSI D., P. TEN BRINK, A. FARMER, T. BADURA, D. COATES, J. FÖRSTER, R. KUMAR ET N. DAVIDSON** (2013). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands*. IEEP, London and Brussels; Ramsar Secretariat, Gland, [En ligne], https://www.ramsar.org/fr/a-propos/limportance-des-zones-humides.
44. **STEWART, A. J. A., ET A. N. LANCE** (1991). « Effects of moor-draining on the hydrology and vegetation of Northern Pennine Blanket Bog ». *Journal of Applied Ecology*, vol. 28, nº 3, p. 1105-1117.
45. **TALBOT, J., P. J. H. RICHARD, N. T. ROULET ET R. K. BOOTH** (2010). « Assessing long-term hydrological and ecological responses to drainage in a raised bog using paleoecology and a hydrosequence ». *Journal of Vegetation Science*, vol. 21, nº 1, p. 143-156, [En ligne], https://www.researchgate.net/profile/Julie_Talbot2/publication/230089106_Assessing_long-term_hydrological_and_ecological_responses_to_drainage_in_a_raised_bog_using_paleoecology_and_a_hydrosequence/links/5ba8dc1592851ca9ed222c3f/Assessing-long-term-hydrological-and-ecological-responses-to-drainage-in-a-raised-bog-using-paleoecology-and-a-hydrosequence.pdf.
46. **TARDIF, B., J. FAUBERT ET G. LAVOIE** (2019). *Les bryophytes rares du Québec*, seconde édition, Société québécoise de bryologie et gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale de l'écologie et de la conservation, avec la contribution du Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec, Québec, x + 332p., [En ligne], http://www.societequebecoisedebryologie.org/documents/Bryo_rares_Qc_2.pdf.
47. **TARDIF, S.** (2019). *Impacts des changements climatiques sur le potentiel de survie de huit espèces de plantes vasculaires en situation précaire au Québec*, essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et en développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.), 80 p., [En ligne], https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/16038.
48. **VERMAAT, J.E., H. GOOSEN ET N. OMTZIGT** (2007). « Do biodiversity patterns in Dutch wetland complexes relate to variation in urbanisation, intensity of agricultural land use or fragmentation? », *Biodiversity Conservation*, vol. 16, p. 3585-3595.
49. **ZEDLER, J.B.** (2003). « Wetlands at your service: reducing impacts of agriculture at the watershed scale ». *Frontiers in Ecology and the environment*, vol. 1, nº 2, p. 65-72.
50. **INRA**, 2008. « Agriculture et biodiversité: des synergies à valoriser – Chapitre 1. Les effets de l'agriculture sur la biodiversité», dans le site de *l'Institut national de la recherche agronomique*.
51. **LAVOIE, C.** (2019). *50 plantes envahissantes: protéger la nature et l'agriculture*, Les Publications du Québec, 415 p.
52. **IPBES,** 2019a. « Assessment Reports », dans le site *plateforme internationale sur la biodiversité et les services écologiques*, [En ligne]. https://ipbes.net/assessment-reports (page consultée en décembre 2019).
53. **IPBES,** 2019b. « Page d'accueil », dans le site *plateforme internationale sur la biodiversité et les services écologiques*, [En ligne]. https://ipbes.net/ (page consultée en décembre 2019).
54. **QUEBIO,** 2019. « La biodiversité du Québec», dans le site *Quebio*, [En ligne]. https://quebio.ca/fr (page consultée en décembre 2019).
55. **GOUVERNEMENT DU QUÉBEC** (2012). « Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/plan-action-fonds-vert.asp (page consultée en décembre 2019).
56. **TARDIF, B., B. TREMBLAY, G. JOLICOEUR ET J. LABRECQUE** (2016). *Les plantes vasculaires en situation précaire au Québec*. Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), Direction de l'expertise en biodiversité, Québec, 420 p., [En ligne], https://cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/plantesVasculairesWeb.pdf.
57. **CDPNQ,** 2020. « Les Guides de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables », dans la section Publications du site du Centre de données sur le Patrimoine naturel du Québec, [En ligne], https://cdpnq.gouv.qc.ca/publication.htm (page consultée en décembre 2019).
58. **BJORKMAN, A.D., I.H. MYERS-SMITH, S.C. ELMENDORF ET COLLAB.** (2018). « Plant functional trait change across a warming tundra biome ». *Nature*, 562, p. 57-62.
59. **GROUPE DE TRAVAIL SUR L'ADAPTATION ET LA BIODIVERSITÉ** (2018). *Rapport de situation sur l'adaptation*, 415 p., [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/Rapport-du-groupe-de-travail-sur-ladaptation-et-la-biodiversite.pdf.
60. **JOLY, MARTIN, S. PRIMEAU, M. SAGER ET A. BAZOGE** (2008). *Guide d'élaboration d'un plan de conservation des milieux humides*, Première édition, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, 2008, ISBN 978-2-550-53636-9, 68 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rives/Guide_plan.pdf.
61. **DÉSILETS, P., L. COUILLARD ET J. LETENDRE** (2012). *Plan de conservation de la polémoine de Van Brunt (Polemonium vanbruntiae): espèce menacée au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec, 16 p.

RÉFÉRENCES (SUITE)

62. **JOLICŒUR, G. ET L. COUILLARD** (2006). *Plan de conservation du carex faux-lupulina (Carex lupuliformis), espèce menacée au Québec.* Gouvernement du Québec,ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec, 12 p.
63. **PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT** (2020). « Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent », dans le site Plan d'action Saint-Laurent 2011-2026, [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fr/accueil/a_notre_sujet/historique/2011_2026/rapport_quinquennal_2011_2016/programme_suivi_de_letat_du_saint_laurent.html (page consultée en décembre 2019).
64. **CIC** (2020). Carte interactive des milieux humides - sud du Québec, [En ligne], https://ducksunlimited.maps.arcgis.com/apps/MapTools/index.html?appid=77c2d088f93d44a1b2e3e3daf030e3c30&extent=-77.5327,44.1868,-66.6563,48.9195.
65. **GOUVERNEMENT DU QUÉBEC** (2019). « Milieux humides potentiels », dans Donnée Québec sur le site du Gouvernement du Québec, [En ligne], https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/milieux-humides-potentiels (page consultée en février 2020).
66. **GOUVERNEMENT DU QUÉBEC** (2020). « Plans régionaux des milieux humides et hydriques », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/milieux-humides/plans-regionaux/index.htm (page consultée en février 2020).
67. **GOUVERNEMENT DU QUÉBEC** (2020). « Programme d'aide pour l'élaboration d'un plan régional des milieux humides et hydriques », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/paeprmhh/index.htm (page consultée en février 2020).
68. **GOUVERNEMENT DU QUÉBEC** (2020). « Programme de restauration et de création de milieux humides et hydriques », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/prcmhh/index.htm (page consultée en février 2020).
69. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (2020). « Fonds de la nature du Canada », dans le site du Gouvernement du Canada, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/patrimoine-naturel/fonds.html (page consultée en février 2020).
70. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (2020). «Programme de conservation du patrimoine naturel », dans le site du Gouvernement du Canada, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/nouvelles/2019/04/programme-de-conservation-du-patrimoine-naturel.html (page consultée en février 2020).
71. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (2020). «Rétablissement », dans Registre public des espèces en pérille sur le site du Gouvernement du Canada, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril.html (page consultée en février 2020).
72. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (1991). « La politique fédérale sur la conservation des terres humides », [En ligne], http://nawcc.wetlandnetwork.ca/La%20politique%20federale%201991.pdf (page consultée en décembre 2019).
73. **QUÉBEC.** *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés.* [Québec] Éditeur officiel du Québec.
74. **QUÉBEC.** *Loi sur la conservation du patrimoine naturel.* [Québec] Éditeur officiel du Québec.
75. **QUÉBEC.** *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier.* [Québec] Éditeur officiel du Québec.
76. **QUÉBEC.** *Loi sur la qualité de l'environnement.* [Québec] Éditeur officiel du Québec.
77. **QUÉBEC.** *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables.* [Québec] Éditeur officiel du Québec.
78. **QUÉBEC.** *Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques.* [Québec] Éditeur officiel du Québec.
79. **QUÉBEC.** *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État.* [Québec] Éditeur officiel du Québec.
80. **QUÉBEC.** *Règlement sur la protection des forêts.* [Québec] Éditeur officiel du Québec.
81. **QUÉBEC.** *Règlement sur les espèces floristiques menacées ou vulnérables et leurs habitats.* [Québec] Éditeur officiel du Québec.
82. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2015). *Lignes directrices pour la conservation des habitats fauniques (4e édition)*, Direction générale de la valorisation du patrimoine naturel, 41 p., [En ligne], https://mffp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/pdf/lignes-directrices-habitats.pdf.
83. **HALLS, A.J.** (ed.) (1997). *Wetlands, Biodiversity and the Ramsar Convention: The Role of the Convention on Wetlands in the Conservation and Wise Use of Biodiversity*, Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland, [En ligne], https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/wetlands_biodiversity_and_the_ramsar_convention.pdf



Espèces floristiques en situation précaire

INDICATEUR EN DÉVELOPPEMENT

Le CDPNQ dispose de renseignements sur plus de 13 500 occurrences[1] fauniques et floristiques. Une extraction de ces données a permis de dénombrer 786 occurrences historiques (figure 1) regroupant 76 espèces floristiques en situation précaire (figure 2) qui croissent dans des milieux humides et hydriques[3] de même que dans un type de milieu particulier, les alvars. Ce type de milieu s'avère à la fois humide et sec selon la période de l'année[4]. Les espèces floristiques aquatiques ciblées[5] sont dites facultatives ou obligées des milieux humides et hydriques tels que les eaux libres, les herbiers, les marais, les marécages, les rives de lacs et de cours d'eau et les tourbières (ombrotrophe et minérotrophe)[6].

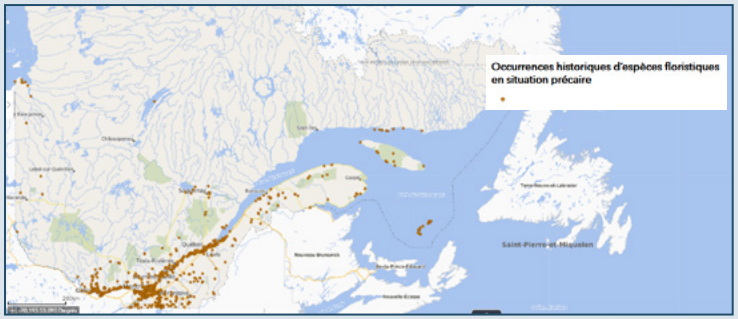
Considérant que ces quelque 800 occurrences n'ont pas fait l'objet d'inventaire depuis plus de 20 ans, voire plus de 40 ans (dans le Nord-du-Québec) pour certaines d'entre elles, il s'avère difficile d'établir un état de référence pour ces dernières.

En revanche, les validations de terrain permettront d'établir un pourcentage ou d'indiquer le nombre d'occurrences floristiques aquatiques historiques retrouvées, témoignant ainsi de l'état de l'écosystème. En effet, en présumant qu'une espèce floristique est plus susceptible d'être retrouvée dans un écosystème ayant été peu perturbé par des forces (urbanisation, activités industrielles, forestières et agricoles), il sera possible d'établir une tendance à l'amélioration, au maintien ou à la détérioration. Afin de détecter une tendance quelconque, les validations des occurrences discrimineront celles qui ont été retrouvées (population viable ou non viable) de celles qui n'ont pas été retrouvées (habitat convenable ou non convenable).

DESCRIPTION

Le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) collige des données provenant d'observations d'espèces en situation précaire lors d'inventaires de terrain. Les observations reçues sont cartographiées en « occurrences », soit l'unité spatiale de référence du CDPNQ qui correspond à l'espace occupé par l'espèce ou la population. Les occurrences se voient attribuer une cote de qualité d'excellente (A) à mauvaise (D) qui devient historique lorsque l'occurrence n'a pas été inventoriée depuis plus de 20 ans. Ainsi, l'indicateur de l'état de l'écosystème retenu est le taux d'occurrences floristiques aquatiques historiques retrouvées à la suite d'inventaires terrain. Cet indicateur a été sélectionné en présumant qu'une espèce floristique est plus susceptible d'être retrouvée dans un écosystème qui a été peu perturbé et où l'habitat est toujours présent.

Figure 1 Occurrences floristiques historiques présentes en milieux humides et hydriques



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Représentation des 786 occurrences historiques d'espèces floristiques en situation précaire qui croissent en milieux humides et hydriques dans la province de Québec.

Rédigée par: **Direction de la protection des espèces et des milieux naturels**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

PRESSIONS

Diverses pressions peuvent découler des forces exercées et ainsi perturber de manière plus ou moins importante la qualité ou l'intégrité de l'habitat ou encore le détruire sans possibilité réelle de le restaurer. Les principales pressions qui peuvent affecter l'habitat des espèces floristiques en situation précaire sont le déboisement, la modification du drainage, les remblais/déblais et l'introduction ou la propagation d'espèces exotiques envahissantes[6,7,8]. Ces dernières sont davantage de nature anthropique alors qu'il existe également des pressions d'origine naturelle, comme le broutement.

Le déboisement a pour conséquence d'ouvrir le couvert forestier, ce qui a pour principal effet d'augmenter l'intensité de la lumière au sol et la température de celui-ci, et de réduire son humidité. Ainsi, les espèces qui croissent à l'ombre seront désavantagées par ces nouvelles conditions alors que les espèces de plein soleil s'avéreront avantagées. L'ouverture du couvert forestier aura aussi pour effet d'augmenter la compétition par les gaulis d'arbres, les arbustes et les plantes herbacées héliophiles, en plus de favoriser l'introduction d'espèces exotiques envahissantes, ce qui peut nuire aux espèces en situation précaire. Par ailleurs, la coupe d'arbres en rive (marécage) aura pour conséquence de rendre la rive instable et de contribuer à l'érosion de celle-ci, réduisant ainsi les superficies d'habitat propices aux espèces en situation précaire.

Toute modification du drainage initial d'un habitat peut entraîner un assèchement ou une saturation en eau compromettant ainsi la survie des espèces floristiques initialement présentes, dont celles qui sont déjà en situation précaire. Ces modifications résultent principalement du drainage des milieux humides pour augmenter les superficies cultivables, de l'exploitation forestière et industrielle de la tourbe[7].

Les activités de remblais et de déblais, souvent requises pour les projets de développement de transport, résidentiel, industriel ou commercial affectent de manière importante les milieux naturels par leur destruction partielle ou complète. Ces interventions peuvent notamment modifier la dynamique et l'intégrité de ces habitats. Il peut en résulter la destruction de certaines occurrences ou un déclin de leurs populations.

Les espèces exotiques envahissantes profitent de la modification/perturbation des milieux naturels pour s'installer et se propager, au point d'affecter la biodiversité présente. Elles peuvent entraîner des modifications substantielles de la végétation en place, allant même jusqu'à remplacer les espèces indigènes

FORCES

- Urbanisation[6]
- Activités industrielles[7]
- Activités forestières[7]
- Activités agricoles[6,7]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[15,16]
- Navigation commerciale sur le Saint-Laurent[16]
- Loisir (VTT)[17,18]

IMPACTS

- Perte d'un patrimoine naturel ou archéologique québécois[7]
  - Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[6,7,9]
  - Perte nette d'habitats floristiques[6,7,9]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)[19]
- Diminution de la couverture de glace (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)
- Augmentation du niveau de la mer

présentes. Ainsi, les activités de déboisement, de drainage, de décapage du couvert végétal, de remaniement du sol, qui nécessitent le recours à de la machinerie, peuvent contribuer à introduire ou à propager les espèces exotiques envahissantes. Celles-ci pourront ensuite déloger les espèces en situation précaire ou affecter l'intégrité de l'habitat, entraînant un déclin de ces populations[9].

Le broutement, causé par plusieurs animaux (cerfs, petits rongeurs, dindons, limaces, etc.), constitue une pression naturelle difficile à contrôler et qui peut affecter la viabilité ou la survie des espèces en situation précaire ainsi que l'intégrité de l'habitat. Le pacage dans les alvars peut affecter la végétation par le broutement, mais également par le piétinement. Les effets sur la végétation sont différents selon qu'il s'agit d'un arbre, d'une herbacée ou d'une plante vivace ou annuelle allant d'un ralentissement de la croissance à la mort du plant.

Toutes ces pressions vont affecter l'intégrité des écosystèmes, faisant en sorte que les occurrences historiques d'espèce floristique aquatique en situation précaire auront une probabilité plus ou moins grande d'être retrouvées selon l'intensité, la fréquence et la diversité des pressions exercées au cours des 20 dernières années au minimum.

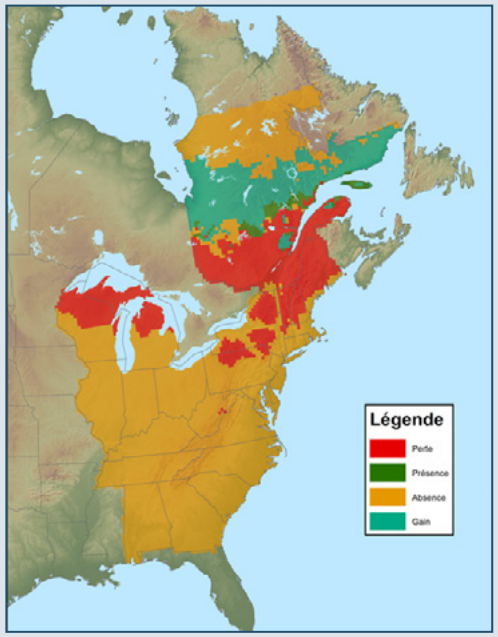
Figure 2 Gentiane de Victorin, espèce endémique des rives du fleuve Saint-Laurent



Photo: Audrey Lachance

Photographie de la gentiane de Victorin, une espèce désignée menacée qui croît sur les rives (haut marais) du fleuve Saint-Laurent.

Figure 3 Carte des gains ou des pertes potentielles de niches bioclimatiques pour le calypso d'Amérique (orchidée)



Carte permettant de constater que le calypso d'Amérique, une orchidée du Québec méridional, sera affecté négativement dans la zone bioclimatique qu'il occupe actuellement (en rouge sur la carte) (Berteaux, 2016).[28]

Tableau 1 Nombre d'espèces floristiques en situation précaire selon l'indice de vulnérabilité aux changements climatiques par type d'habitat

Statut de conservation	Milieux sableux	Milieu ouvert	Milieu humide et rivage	Milieu forestier	Milieu arctique-alpin	Estuaire et golf	Affleurement
Extrêmement vulnérable	0	8	5	2	22	9	3
Hautement vulnérable	1	8	20	7	10	15	13
Modérément vulnérable	3	22	39	20	7	9	13
Non vulnérable/ Probablement stable	10	23	71	48	3	5	8
Non vulnérable/ Augmentation probable	1	1	1	2	0	0	0
Total	**15**	**62**	**136**	**79**	**42**	**38**	**37**

Tableau permettant de constater que les plantes qui croissent dans certains types d'habitats seront plus vulnérables aux changements climatiques.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Une étude a été réalisée afin de documenter les effets anticipés des changements climatiques sur les plantes vasculaires menacées ou vulnérables. L'analyse a été faite à l'aide de deux modèles: l'indice de vulnérabilité aux changements climatiques (IVCC) et les modèles de niches bioclimatiques[10].

Afin d'être en mesure de lancer ces modèles, il a été nécessaire d'établir des prémisses jusqu'en 2080, telles qu'une augmentation de la température, une augmentation des précipitations de pluie en hiver et une diminution du nombre de jours de gel au sol. Considérant que la valeur médiane de déplacement des arbres et des herbacées est de 1 km/10 ans, les modèles ont été appliqués en distinguant les scénarios avec déplacement et sans déplacement.

L'étude permet de mettre en évidence que certains groupes d'espèces en situation précaire pourraient être davantage affectés par les changements climatiques. L'interprétation des résultats doit néanmoins être réalisée avec précaution puisqu'il y a un nombre limité de données concernant la flore en situation précaire.

Les changements climatiques risquent d'avoir une incidence plus forte sur les espèces en situation précaire qui ont une faible capacité de déplacement en raison de leur préférence pour un habitat ou un substrat en particulier. Concrètement, ces plantes resteront au même endroit et pourraient avoir de la difficulté à se maintenir si la niche climatique favorable à leur croissance est trop modifiée (tableau 1).

Plus spécifiquement, le plantes qui ont une affinité pour les substrats basiques (ex.: calcaire) et ultrabasiques (ex.: serpentine), qui ont des interactions spécifiques avec le milieu, ou encore qui colonisent des microhabitats particuliers (ex.: milieu arctique, alpin ou côtier) sont les plus à risque d'être affectées par les changements climatiques. C'est exactement le cas des orchidées en situation précaire qui vivent en symbiose avec les mycorhizes présentes dans le sol (figure 3), les plantes endémiques qui colonisent les rives de l'estuaire du Saint-Laurent telle la gentiane de Victorin illustrée à la figure 2, et d'espèces arctiques ou alpines comme l'élatine du lac Ojibway et le saule à bractées vertes.

La vulnérabilité des espèces floristiques en situation précaire pourrait être contrée, en partie, par la création d'aires protégées ciblant des substrats basiques ou des habitats côtiers, estuariens, arctiques ou alpins de même que des affleurements rocheux et par la migration assistée et la conservation *ex-situ* permettant la création de banques de graines ou de spécimens qui sont conservés dans des lieux tel un jardin botanique.

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r. 35)[14]

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)[20]
- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) (RLRQ, c. Q-2, a. 22)[13]
- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)[22]
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)[11]
  - *Règlement sur les espèces floristiques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (RLRQ, c. E-12.01, r. 3)[12]
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)[20]

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les espèces en péril du Canada* (LEP) (L.C. 2002, ch. 29)[26]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces[24]
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)[10]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Canada)

- Approche pancanadienne pour la transformation de la conservation des espèces en péril au Canada[23]

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de la production des Plans régionaux des milieux humides et hydriques

AUTRES

- Rapports et publications de sensibilisation[27]
- Réintroduction d'espèces

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec
  https://cdpnq.gouv.qc.ca/
- Loi sur les espèces menacées ou vulnérables
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/25-ans/index.htm
- Espèces exotiques envahissantes (EEE)
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/index.asp
- Habitats floristiques d'espèces menacées ou vulnérables
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/habitats/index.htm

RÉFÉRENCES

1. **CENTRE DE DONNÉES SUR LE PATRIMOINE NATUREL DU QUÉBEC** (2019). *Bilan annuel des activités 2018-2019*, Québec, Gouvernement du Québec, 4 p.
2. **CDPNQ** (2019). *Base de données du Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de la protection des espèces et des milieux naturels.
3. **COMITÉ FLORE QUÉBÉCOISE DE FLORAQUEBECA** (2009). *Plantes rares du Québec méridional: guide d'identification produit en collaboration avec le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ)*, Les Publications du Québec, Québec, ISBN 978-2-551-19842-9, 406 p.
4. **CAYOUETTE, JACQUES, ANDRÉ SABOURIN ET DENIS PAQUETTE** (2010). *Les alvars du Québec: caractérisation et floristique avec emphase sur les espèces menacées et vulnérables*, Québec, rapport préparé pour le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, 151 p.
5. **TARDIF, BERNARD, BENOÎT TREMBLAY, GUY JOLICŒUR ET JACQUES LABRECQUE** (2016). *Les plantes vasculaires en situation précaire au Québec*, Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec, Québec, Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'expertise en biodiversité, 420 p.
6. **JOLY, MARTIN, SYLVAIN PRIMEAU, MIREILLE SAGER ET ADELINE BAZOGE** (2008). *Guide d'élaboration d'un plan de conservation des milieux humides*, 1re édition, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, ISBN 978-2-550-53636-9, 68 p.
7. **PELLERIN, STÉPHANIE, ET MONIQUE POULIN** (2013). *Analyse de la situation des milieux humides au Québec et recommandations à des fins de conservation et de gestion durable*, Québec, rapport préparé pour le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, 85 p. et 12 annexes.
8. **LAVOIE, CLAUDE** (2019). *50 plantes envahissantes: protéger la nature et l'agriculture*, 1re édition, Publications du Québec, Québec, ISBN 9782551263929, 415 p.
9. **DUPONT-HÉBERT, MICHÈLE** (2012). *Milieux naturels d'intérêt de l'estuaire d'eau douce à saumâtre du Saint-Laurent*, Québec, Fondation québécoise pour la protection du patrimoine naturel, 19 p. et 2 annexes.
10. **GENDREAU, YANICK, AUDREY LACHANCE, HÉLÈNE GILBERT, NICOLAS CASAJUS ET DOMINIQUE BERTEAUX** (2016). *Analyse des effets des changements climatiques sur les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec*, Québec, 39 p. et 5 annexes.
11. **QUÉBEC.** *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables.* [Québec] Éditeur officiel du Québec, C1989, 13 p.
12. **QUÉBEC.** *Règlement sur les espèces menacées ou vulnérables et leurs habitats.* [Québec] Éditeur officiel du Québec, C2011, 13 p.
13. **QUÉBEC.** *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques.* [Québec] Éditeur officiel du Québec, C2017, 38 p.
14. **QUÉBEC.** *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables.* [Québec] Éditeur officiel du Québec, C2017, 18 p.
15. **MDDELCC** (2017). *Fiche espèce menacée du Québec: Arisème dragon*, Québec, Direction de la protection des espèces et des milieux naturels, 2 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/index.htm.
16. **MDDELCC** (2017). *Fiche espèce menacée du Québec: Gentiane de Victorin*, Québec, Direction de la protection des espèces et des milieux naturels, 2 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/index.htm.
17. **MDDELCC** (2017). *Fiche espèce menacée du Québec: Ériocaulon de Parker*, Québec, Direction de la protection des espèces et des milieux naturels, 2 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/index.htm.

RÉFÉRENCES (SUITE)

18. **MDDELCC** (2017). *Fiche espèce menacée du Québec : Cicutaire de Victorin*, Québec, Direction de la protection des espèces et des milieux naturels, 2 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/index.htm.
19. **MDDELCC** (2017). *Fiche espèce menacée du Québec : Chardon de Mingan*, Québec, Direction de la protection des espèces et des milieux naturels, 2 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/index.htm.
20. **QUÉBEC.** *Loi sur la qualité de l'environnement.* [Québec] Éditeur officiel du Québec, C2011, 176 p.
21. **QUÉBEC.** *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier.* [Québec] Éditeur officiel du Québec, C2013, 85 p.
22. **QUÉBEC.** *Loi sur la conservation du patrimoine naturel.* [Québec] Éditeur officiel du Québec, C2003, 29 p.
23. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (23 septembre 2019). « Aperçu de l'approche pancanadienne pour la transformation de la conservation des espèces en péril au Canada », [En ligne], https://www.canada.ca/fr/services/environnement/faune-flore-especes/especes-peril/approche-pancanadienne.html (page consultée le 13 décembre 2019).
24. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (23 septembre 2019). « Registre public des espèces en péril », [En ligne], https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril.html (page consultée le 13 décembre 2019).
25. **DÉNOMMÉE, NANCY** (2019). *Le chardon de Mingan : une espèce à restaurer, un emblème à préserver*, Québec, document préparé pour Parcs Canada, 50 p.
26. **GOUVERNEMENT DU CANADA.** *Loi sur les espèces en péril.* [Canada]. Publié par le ministre de la Justice. C2002, 106 p.
27. **MELCC.** « Espèces menacées ou vulnérables du Québec », [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/index.htm (page consultée le 13 décembre 2019).
28. **BERTEAUX,** 2016. Analyse des effets des changements climatiques sur les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec, Québec39 p. et 5 annexes.



Évolution spatiotemporelle des milieux humides

INDICATEUR EN DÉVELOPPEMENT

Le présent rapport sur l'eau représente l'état initial de cet indicateur. Aussi, nous présentons dans cette section l'état actuel de la cartographie des superficies des milieux humides du Québec, du boisement des milieux humides ainsi que la caractérisation des mares au Québec.

ÉTAT DE LA CARTOGRAPHIE DES MILIEUX HUMIDES

Tout changement (gain ou perte) de superficie d'un milieu humide peut être précisément estimé, notamment à l'aide des données de télédétection, de lidar et de photographies aériennes. Ce n'est cependant pas encore le cas pour la majorité des milieux humides du Québec, bien que ces derniers répondent à des enjeux importants par leurs diverses fonctions hydrologiques, biogéochimiques ou écologiques (régulation, stockage et qualité de l'eau, intérêt pour les inondations et habitats pour les écosystèmes)[3].

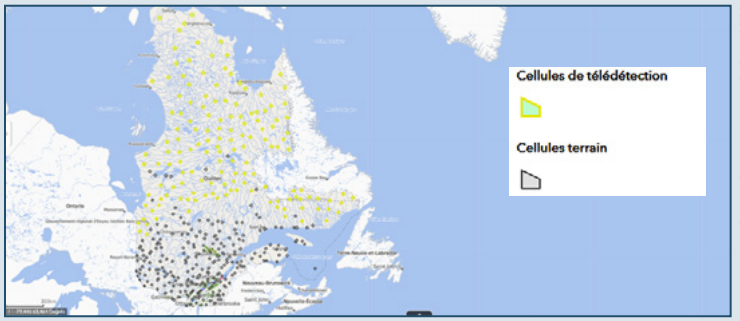
Un des ouvrages les plus complets sur les milieux humides du Québec est le rapport de Pellerin et Poulin (2013)[2] qui est basé sur quatre sources cartographiques principales: l'inventaire du Capital Nature, l'observation de la terre pour le développement durable, la carte des milieux humides détaillés et la carte des milieux humides potentiels de 2011. Selon ce rapport, la superficie totale des milieux humides au Québec est de 189 593 km^2, soit 12,5% de la province.

Se basant sur de nouvelles techniques et une méthodologie plus élaborée, la version 2019 de la cartographie des milieux humides potentiels du Québec (CMHPQ) est actuellement l'information la plus à jour sur la présence potentielle de milieux humides sur le territoire québécois et couvre tout le territoire de la province, incluant le Nord-du-Québec. La superficie totale des milieux humides potentiels est ainsi

DESCRIPTION

L'évolution spatiotemporelle des milieux humides du Québec est étudiée grâce à un suivi intégrant différents types de données telles que les inventaires terrain, les modèles ainsi que les interprétations d'images satellitaires. L'intégration de ces différentes sources est d'une grande importance pour des analyses et des résultats de qualité. Dans certaines situations, notamment pour les régions éloignées et difficilement accessibles, des données satellitaires couplées à des modèles compatibles sont priorisées dans le processus de suivi. Nous nous intéressons à un indicateur qui traduirait l'évolution spatiale et temporelle des milieux humides à l'aide principalement de données d'imagerie satellitaire. L'équipe du réseau de suivi de la biodiversité du Québec a sélectionné quelques centaines de sites couvrant toute la province pour lesquels un calendrier de suivi est mis en place avec une fréquence de trois à cinq ans par site afin de caractériser ces sites et leur évolution spatiotemporelle.

Figure 1 Sites du réseau de suivi de la biodiversité du Québec



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Un groupe d'experts a identifié environ 440 cellules de 15 km par 15 km réparties dans la province, dont 290 cellules avec des suivis terrain et 150 en télédétection seulement. Dans chaque cellule terrain, un site pour chaque type de milieu étudié, soit marais, tourbière, forêt, rivière ou lac, est choisi. Au nord, dans les zones difficiles et coûteuses d'accès, le suivi se base sur des images satellitaires.

Rédigée par: **Direction de la protection des espèces et des milieux naturels**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

estimée à 11 % de la province[19]. Comme il s'agit d'un assemblage d'une multitude de sources de données cartographiques, l'incertitude associée à l'utilisation de la CMHPQ est importante. De plus, comme les méthodes d'analyse évoluent rapidement, des données plus précises sont attendues à moyen terme.

BOISEMENT DES MILIEUX HUMIDES

Le boisement des milieux humides est défini comme une hausse de la densité, de la couverture et de la biomasse de plantes ligneuses dans un habitat initialement ouvert[8].

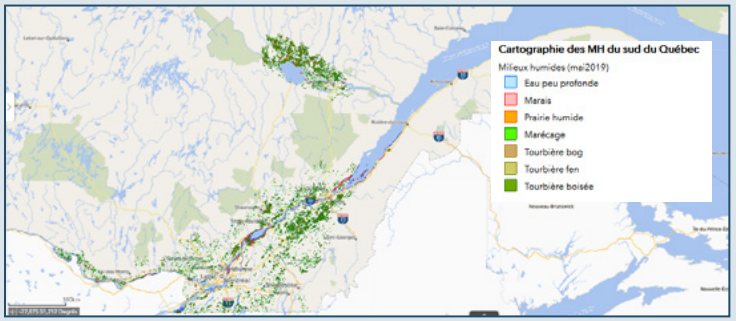
Par exemple, dans deux tourbières du sud du Québec (le Small et le Large Tea Field), la couverture forestière est passée de 26 % à 51 % entre 1983 et 2010, à la suite de la prolifération du bouleau gris, du peuplier faux-tremble et de l'érable rouge[9]. De la même façon, dans des tourbières du Bas-Saint-Laurent, les superficies boisées ont plus que doublé entre 1948 et 1995 dans les milieux humides, à la suite de l'établissement du pin gris et de la prolifération de l'épinette noire[10,11].

Les basses-terres du Saint-Laurent représentent un modèle d'étude intéressant pour évaluer la relation entre le boisement des tourbières ombrotrophes et leur diversité floristique[22]. En effet, c'est le territoire le plus urbanisé et le plus agricole du Québec[12]. L'agriculture recouvre ainsi environ 50 % de la superficie des basses-terres du Saint-Laurent, 30 % sont des zones boisées, 10 % des zones urbanisées et 10 % des milieux humides. Certaines espèces sont responsables du boisement dans les tourbières de ce territoire, à savoir des peuplements d'érables rouges, de thuya occidental, d'épinettes noires, de mélèzes laricins et d'aulnes[13]. Le drainage agricole et l'apport en minéraux provenant potentiellement d'intrants utilisés pour la culture et d'autres activités humaines auraient aussi contribué au boisement récent de plusieurs tourbières apparemment non perturbées[9,10,15].

CARACTÉRISATION DES MARES

Les mares (étangs) font assez souvent partie des tourbières et sont rarement classées à part à cause de leur petite taille. Cependant, leur suivi permettrait de mieux caractériser l'évolution et surtout l'apport en eau ou la sècheresse affectant le milieu en général. Leur hauteur de colonne d'eau typiquement très peu profonde permet d'utiliser facilement certaines techniques de détection, notamment les données de type lidar aéroporté ou imagerie satellitaire. Cet inventaire n'est pas encore fait au Québec; il pourrait être d'un grand apport quant à la caractérisation et l'évolution des milieux humides, notamment pour les zones difficilement accessibles *in situ*.

Figure 2 Milieux humides détaillés du Québec



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Dans le sud du Québec, principalement dans les basses-terres du Saint-Laurent, quelques produits cartographiques ont été réalisés spécifiquement pour représenter les milieux humides. Le MELCC est chargé depuis 2009 de faire un assemblage de ces produits pour composer et mettre à jour la cartographie des milieux humides détaillés des secteurs habités du sud du Québec[23].

PRESSIONS

Selon Pellerin et Poulin[2], « l'étude cartographique a révélé qu'au moins 567 km² de milieux humides ont été perturbés sur une période d'environ 22 ans, soit 19% de la superficie totale des milieux humides des basses-terres du Saint-Laurent. Les activités agricoles et sylvicoles sont les principales sources de perturbations, représentant respectivement 44% et 26% des superficies perturbées totales. Les activités industrielles et commerciales et le développement résidentiel comptent pour environ 9% des pertes de milieux humides. »

Au moins 1 270 km² de tourbières ont été perturbés par des activités reliées à la production d'hydroélectricité dans les secteurs des rivières La Grande, Eastman, Sainte-Marguerite, Toulnustuc et Romaine[16]. Il s'agit surtout de tourbières ennoyées ou affectées par des activités de déviation de cours d'eau (90% des pertes) et de sites touchés par des emprises de lignes de transport. Les activités sylvicoles auraient pour leur part affecté un minimum de 1000 km² de tourbières depuis 1986, surtout dans la région des basses-terres de l'Abitibi. Environ 800 km² de tourbières serviraient à la production agricole, surtout dans les basses-terres du Saint-Laurent, mais aussi dans le secteur du Lac-Saint-Jean et des basses-terres de l'Abitibi. À ces valeurs s'ajoutent environ 23 km² utilisés pour la production de canneberges qui se concentre dans les régions du Centre-du-Québec et de Chaudière-Appalaches. Les routes présentes au sein des tourbières touchent environ 540 km² au total[4]. Enfin, l'extraction de tourbe à des fins horticoles touche au moins 100 km² de tourbières, surtout dans les régions du Bas-Saint-Laurent et du Lac-Saint-Jean. Il ressort de toutes ces estimations qu'au moins 3733 km² de tourbières auraient été perturbés au Québec dans les cinquante dernières années. Ce bilan n'inclut toutefois pas les activités minières qui abondent notamment dans les régions de l'Abitibi-Témiscamingue, de la Côte-Nord et du Nord-du-Québec, ainsi que le développement résidentiel dans les régions habitées du sud du Québec. Les données sur les activités de production d'hydroélectricité sont également fragmentaires, puisqu'elles ne portent que sur les secteurs des rivières La Grande, Eastman, Sainte-Marguerite, Toulnustuc et Romaine.

En outre, les plans régionaux de conservation des milieux humides réalisés ou préparés par Canards illimités Canada (2010)[2] ont recensé les menaces sur les milieux humides riverains à travers le Québec. Il en est ressorti que la navigation commerciale (surtout dans le fleuve Saint-Laurent), la navigation récréative, la villégiature, l'urbanisation et la régularisation des débits d'eau sont les principales menaces pour les milieux humides riverains, auxquelles s'ajoutent des pressions plus globales comme

FORCES

- Urbanisation[2]
- Infrastructures de transport[2]
- Activités industrielles[2]
- Activités forestières[2]
- Activités agricoles[2]
- Gestion des barrages[2]
- Prélèvements d'eau[2]

IMPACTS

- Pertes de services écologiques culturels[26]
- Sécurité immédiate des citoyens (inondation, érosion ou glissement de terrain)[21]
- Stress imposé aux citoyens
- Mise en danger d'espèces végétales représentant un potentiel de récolte pour l'humain[25]
- Perte de services écologiques d'approvisionnement[21]
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables
- Perte nette d'habitats floristiques
- Perte nette d'habitats fauniques
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques
- Apparition d'espèces exotiques[24]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)

les changements climatiques, la présence d'espèces exotiques envahissantes, l'artificialisation des terres au pourtour des milieux humides et l'eutrophisation.

Quant aux basses-terres du Saint-Laurent, entre 40% et 80% de la superficie des milieux humides en zone agricole et urbaine aurait disparu[2]. Cette proportion atteindrait 85% dans la grande région de Montréal[5,6]. Au total, 567 km^2 de milieux humides ont été perturbés au début des années 2000[2] dans les basses-terres du Saint-Laurent, soit environ 19% de la superficie totale des milieux humides de ce territoire. Les activités agricoles et sylvicoles en étaient les principales sources de perturbations. Le drainage sylvicole n'est habituellement plus recommandé ni financé depuis.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Une augmentation des températures moyennes de l'air, un changement dans le fonctionnement hydrologique et dans la couverture de neige et de glace ainsi que l'érosion des côtes sont des phénomènes susceptibles d'avoir lieu à moyen et long terme comme réponses aux effets des changements climatiques[21]. Or, des liens avec les processus touchant les milieux humides, tels que le boisement des milieux humides, l'apparition et la disparition des mares, l'évolution du couvert végétal ainsi que la caractérisation de la couverture de neige et de glace, peuvent être étudiés et représentés grâce aux données géomatiques. Plusieurs effets des changements climatiques sur les milieux humides peuvent être observés grâce aux données géomatiques (images satellitaires, ortho photos, relevés Lidar, etc.), puisqu'elles permettent une représentation de la distribution spatiale et de la dynamique temporelle grâce aux différentes résolutions adaptées au processus étudié[21].

Par exemple, la combinaison de données Lidar, d'un modèle numérique de terrain et d'images satellitaires permettrait de caractériser les types de milieux humides à inondation saisonnière, ceux qui sont envahis par la végétation ou asséchés par la hausse des températures. Aussi, une comparaison d'images satellitaires ou photos aériennes d'un même milieu à différents intervalles à moyen et long terme devrait montrer le changement d'état, de superficie et de caractérisation du milieu et devrait permettre de détecter les effets des changements climatiques sur les milieux humides et prévoir ainsi les effets sur les écosystèmes et la population. En effet, les milieux humides régulent naturellement le débit des rivières en agissant comme des bassins de rétention lors de crues, ce qui permet de réduire le risque d'inondations, et comme retenues d'eau lors de périodes de sécheresse[21].

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Canada)

- Politique fédérale sur la conservation des terres humides

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (LAU) (RLRQ, c. A-19.1)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)
  - *Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques* (RCAMHH) (R.Q c. Q-2, r. 9.1)
- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)
- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
- Plan de protection du territoire face aux inondations[28]
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de la production des Plans régionaux des milieux humides et hydriques[14]

AUTRES

- Campagnes d'éradication d'espèces exotiques envahissantes[27]
- Campagne de sensibilisation
- Développement et mise à jour de la cartographie [19]
- Rapports et publications de sensibilisation

En outre, une perte de superficie de tourbières augmente l'émission de gaz à effet de serre. En effet, au Québec, les tourbières sont les écosystèmes terrestres où sont stockées les plus grandes quantités de carbone, environ neuf fois plus que dans les forêts. Il s'agit d'une quantité considérable, équivalente à 478 années d'émissions anthropiques au rythme actuel[17]. Lorsque l'équilibre hydrologique d'une tourbière est perturbé, certaines conditions font aussi relâcher du méthane, un gaz à effet de serre plus puissant que le dioxyde de carbone.

Par contre, on voit apparaître de nouveaux milieux humides[18] dans le Nord-du-Québec en lien avec le dégel du pergélisol dû au réchauffement rapide affectant la région. L'apparition de nombreux « lacs thermokarstiques » au-dessus du pergélisol modifie radicalement le paysage et le fonctionnement des écosystèmes nordiques sur lesquels reposent le mode de vie et la culture des communautés inuites du Nunavik[21]. Ce genre de changements apparaît dans les suivis par télédétection et peut être précisément évalué et analysé.

POUR EN SAVOIR PLUS...

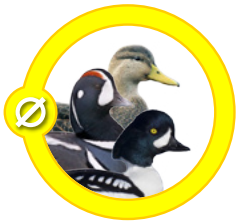
- Milieux humides potentiels[19]
  https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/milieux-humides-potentiels
- Milieux humides et changements climatiques: le rôle important des milieux humides dans l'adaptation - Avis d'Ouranos sur un sujet ciblé[21]
  https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/Fiche-MilieuxHumides-20170515.pdf
- Milieux humides cartographie détaillée[23]
  https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/milieux-humides-du-quebec/resource/b4f6b030-02e5-4dd2-9175-29d1a00110d4
- Rapport sur l'état de l'eau et des écosystèmes aquatiques au Québec 2014[26]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/rapportsurleau/index.htm
- Plan de protection du territoire face aux inondations: des solutions durables pour mieux protéger nos milieux de vie[28]
  https://www.mamh.gouv.qc.ca/amenagement-du-territoire/plan-de-protection-du-territoire-face-aux-inondations-des-solutions-durables-pour-mieux-proteger-nos-milieux-de-vie/

RÉFÉRENCES

1. **LÉTOURNEAU, G., ET M. JEAN** (2005). *Cartographie par télédétection des milieux humides du Saint-Laurent (1990-1991).* Environnement Canada - Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport scientifique et technique ST-232, 99 p.
2. **PELLERIN, STÉPHANIE ET MONIQUE POULIN**, 2013. Analyse de la situation des milieux humides au Québec et recommandations à des fins de conservation et de gestion durable, Québec, rapport préparé pour le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, 85 p. et 12 annexes.
3. **MARZOUK S., ET J. AMSALLEM** (2018). *Apport des données en télédétection pour la caractérisation des milieux naturels, semi-naturels et anthropiques dans une démarche d'identification de Trame verte et bleue*, Irstea – UMR TETIS, Centre de ressources Trame verte et bleue.
4. **LANDRY, J., ET L. ROCHEFORT** (2012). *The drainage of peatlands: impacts and rewetting techniques*. Peatland Ecology Research Group, 62 p.
5. **JOLY, M., S. PRIMEAU, M. SAGER ET A. BAZOGE** (2008). *Guide d'élaboration d'un plan de conservation des milieux humides*, Première édition. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 68 p.
6. **GRATTON, L.** (2010). *Plan de conservation de la vallée du Saint-Laurent et du lac Champlain, région du Québec*. Conservation de la nature, 170 p.
7. **MDDEFP** (2012). Cartographie des aires protégées – 2012 [Données numériques vectorielles]. Direction du patrimoine écologique et des parcs.
8. **VAN AUKEN, O.W.** (2000). « Shrub invasions of North American semiarid grasslands ». *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31: 197-215.
9. **PASQUET, S., S. PELLERIN ET M. POULIN** (2015). « Three decades of vegetation changes in peatlands isolated in an agricultural landscape ». *Applied Vegetation Science*, 18: 220-229.
10. **PELLERIN, S., ET C. LAVOIE** (2003a). « Reconstructing the recent dynamics of mires using a multitechnique approach ». *Journal of Ecology*, 91: 1008-1021.
11. **PELLERIN, S., ET C. LAVOIE** (2003b). « Recent expansion of jack pine in peatlands of southeastern Québec: A paleoecological study ». *Écoscience*, 10(2): 247-257.
12. **JOBIN, B., J. BEAULIEU, M. GRENIER ET COLLAB.** (2004). « Les paysages agricoles du Québec méridional ». *Naturaliste canadien*, 128: 92-98.

RÉFÉRENCES (SUITE)

13. **PAYETTE, S.** (2001). « Les principaux types de tourbières », dans S. Payette et L. Rochefort (ed.), *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*. Presses de l'Université Laval, Québec, Canada, p. 39-89.
14. **GOUVERNEMENT DU QUÉBEC** (2020). « Programme d'aide pour l'élaboration d'un plan régional des milieux humides et hydriques », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/paeprmhh/index.htm
15. **PELLERIN, S., M. LAVOIE, A. BOUCHENY ET COLLAB.** (2016). « Recent vegetation dynamics and hydrological changes in bogs located in an agricultural landscape ». *Wetlands*, 36: 159-168.
16. **ROCHEFORT, L., A. BAZOGE, M. GARNEAU, M. JOLY, S. JUTRAS, S. PELLERIN, M. POULIN ET F. POISSON** (2011). *Peatland Inventories and Conservation in Québec*. Symposium on Responsible Peatland Management and Growing Media Production (13-17 juin 2011).
17. **GARNEAU, G ET S. VAN BELLEN** (2016). *Synthèse de la valeur et la répartition du stock de carbone terrestre au Québec*. Rapport pour le MDDELCC.
18. **ALLARD, M. ET COLLAB.** (2013). *Permafrost and climate change in Nunavik and Nunatsiavut: Importance for municipal and transportation infrastructures*, IRIS-ArcticNet.
19. **MELCC** (2019). « Milieux humides potentiels », dans le site Données ouvertes du Gouvernement du Québec, [En ligne], https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/milieux-humides-potentiels
20. **POULIN, M., L. ROCHEFORT, S. PELLERIN ET J. THIBAULT** (2004). « Threats and protection for peatlands in Eastern Canada », *Geocarrefour*, vol. 79, nº 4, p. 331-334.
21. **OURANOS** (2017). « Milieux humides et changements climatiques: le rôle important des milieux humides dans l'adaptation » (avis d'Ouranos sur un sujet ciblé), dans le site d'OURANOS, [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/Fiche-MilieuxHumides-20170515.pdf
22. **FAVREAU, MAYA** (2018). « Impact du boisement des tourbières ombrotrophes sur leur diversité floristique », mémoire de maîtrise. Université de Montréal.
23. **CIC** (2019). « Milieux humides cartographie détaillée », dans le site Données ouvertes du Gouvernement du Québec, [En ligne], https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/milieux-humides-du-quebec
24. **LAVOIE, C.** (2019). *50 plantes envahissantes: protéger la nature et l'agriculture*, Les Publications du Québec, 415 p.
25. **LÉGER, A.** (2008). « Biodiversité des plantes médicinales québécoises et dispositifs de protection de la biodiversité et de l'environnement », mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en sciences de l'environnement, Université du Québec à Montréal, 186 p.
26. **MELCC** (2014). « Rapport sur l'état de l'eau et des écosystèmes aquatiques au Québec » (version 2014), dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/rapportsurleau/index.htm
27. **VÉZINA, ANTHONI** (2017). « Proposition de choix stratégiques pour l'adoption d'un éventuel cadre de gestion des espèces exotiques envahissantes au Québec », essai de maîtrise, Université de Sherbrooke.
28. **MAMH** (2020). « Plan de protection du territoire face aux inondations: des solutions durables pour mieux protéger nos milieux de vie », dans le site du ministère des Affaires municipales et de l'Habitation, [En ligne], https://www.mamh.gouv.qc.ca/amenagement-du-territoire/plan-de-protection-du-territoire-face-aux-inondations-des-solutions-durables-pour-mieux-proteger-nos-milieux-de-vie/



Population de sauvagine

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Ne s'applique pas; données historiques insuffisantes.

Les données historiques et actuelles sont insuffisantes et trop incertaines pour définir des tendances temporelles exactes pour deux des trois espèces abordées dans cette fiche.

CANARD NOIR

(INTERMÉDIAIRE-BON, TENDANCE À LA BAISSE)

Le canard noir est considéré comme abondant au Québec (figure 1). Cette espèce se retrouve dans tout le Québec, bien que l'on trouve plus de la moitié des effectifs dans les forêts boréales mixtes et coniférienne[1].

Au Québec, les récents inventaires héliportés (figure 2) indiquent que la tendance des effectifs est en baisse depuis l'an 2000[9], tout comme ailleurs dans le nord-est du continent. En effet, les effectifs de 2019 [729 000 individus] sont en baisse de 16% par rapport à la moyenne 1998-2018[6]. L'estimation des effectifs globaux de 2019 serait au-dessus de l'objectif du plan nord-américain de gestion de la sauvagine établi à 628 000 individus[8], mais cet objectif ne comprend pas l'ensemble des données d'inventaire et sera révisé sous peu. Enfin, une tendance (1970-2003) à la baisse pour les effectifs de canards noirs a été observée en hiver[1].

GARROT D'ISLANDE

(POPULATION DE L'EST) (INTERMÉDIAIRE-MAUVAIS)

La population de l'Est de garrot d'Islande compte environ 8 200 individus, qui se concentrent principalement sur le territoire québécois en période de nidification et d'hivernage (figure 3)[7].

DESCRIPTION

La sauvagine représente l'ensemble des oiseaux sauvages des zones aquatiques. Cette fiche fait état des populations de trois espèces de sauvagine présentes au Québec: le canard noir, le garrot d'Islande et l'arlequin plongeur. L'état de ces populations est tiré principalement du document *État des populations de sauvagine du Québec, 2009*[1] (préparé par le Service canadien de la faune) et de l'*Atlas des oiseaux nicheurs*[9] (préparé par le regroupement QuébecOiseaux, le Service canadien de la faune et Études d'oiseaux Canada).

Ces trois espèces ont été sélectionnées en raison de la grande proportion d'individus nicheurs ou migrateurs présents au Québec par rapport au reste de l'Amérique du Nord[1] et parce qu'elles ont été toutes identifiées dans le cadre du « Plan de conservation de la sauvagine du Québec, 2011[2] » comme des espèces à priorité de conservation élevée ou moyenne dans plusieurs régions du Québec.

Rédigée par: **Direction de la gestion intégrée de l'eau**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Révisée par: **Service canadien de la faune**
Environnement et Changements climatiques Canada

En nidification, on trouve l'espèce principalement dans les hauteurs de la Côte-Nord, du Saguenay et de Charlevoix[10]. Pendant la période d'hivernage, les individus s'alimentent au-dessus des larges estrans de la rive nord du Saint-Laurent ainsi qu'à quelques endroits dans le golfe. La population de l'Est, qui a connu un déclin au cours du XIXe siècle, semble mieux se porter selon les plus récents inventaires des aires d'hivernage, lesquels indiquent une hausse d'effectifs de 30 % entre 2014 et 2017[7].

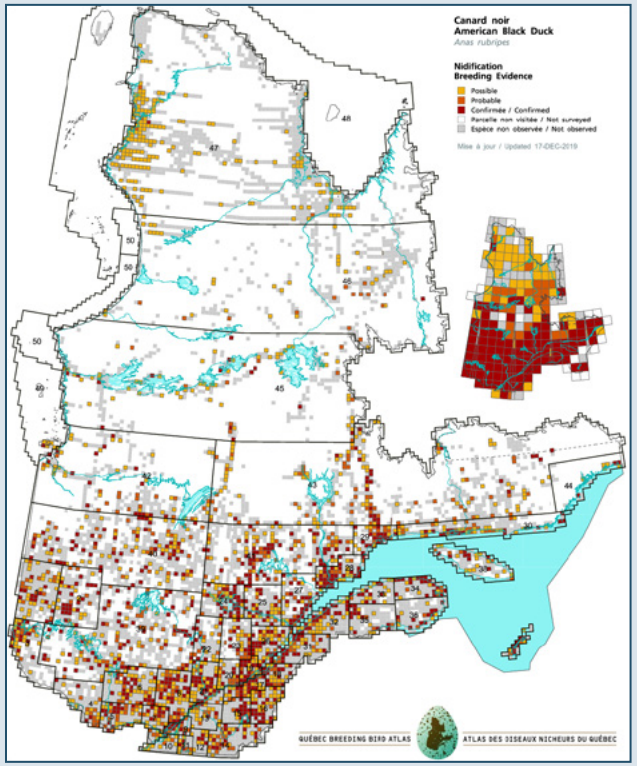
La population est considérée comme vulnérable au Québec selon NatureServe[3] et préoccupante sur l'ensemble de son aire de répartition selon le COSEPAC[4].

ARLEQUIN PLONGEUR

(POPULATION DE L'EST) (INTERMÉDIAIRE)

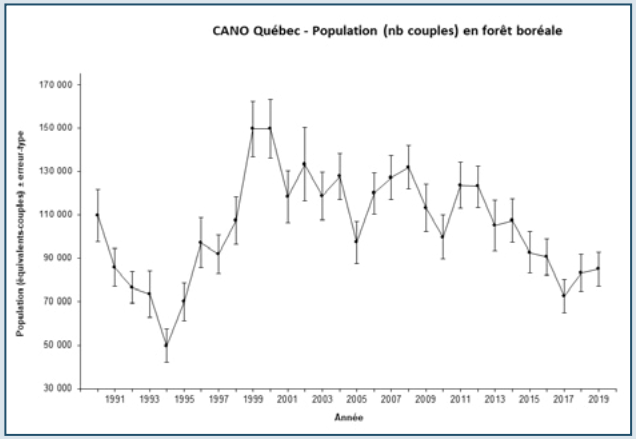
La population de l'Est de l'arlequin plongeur est estimée à 8 500-8 700 individus[5]. Une grande part de ces oiseaux seraient présents sur le territoire québécois lors de la période de reproduction (figure 4). Il est difficile d'établir une tendance pour l'espèce au Québec, mais l'augmentation observée d'individus hivernant sur la côte Est pourrait indiquer une hausse des effectifs au Québec[1,5].

Figure 1 Carte de répartition du canard noir au Québec



Répartition du canard noir par parcelles de 10 × 10 km au Québec selon le deuxième *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec* (2019)[9].

Figure 2 Populations de canard noir au Québec en forêt boréale selon des données d'hélicoptère



Graphique des données d'hélicoptère pour le canard noir au Québec en forêt boréale (1990-2019) (Atlas des oiseaux nicheurs, 2019)[9].

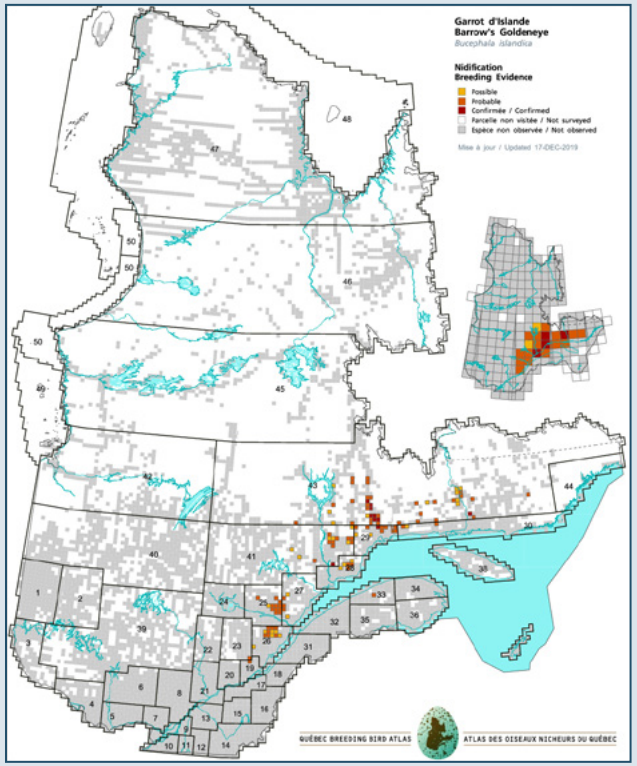
On le trouve, durant la période de reproduction, en bordure de rivières en Gaspésie, sur la Côte-Nord et dans les bassins versants de la baie d'Hudson et de la baie d'Ungava. En Gaspésie, on estime qu'il y a une dizaine de couples nicheurs, tout comme le long des rivières de la Côte-Nord. Trop peu d'inventaires ont été effectués dans les bassins versants de la baie d'Hudson et de la baie d'Ungava pour estimer le nombre de couples nicheurs[1].

PRESSIONS

CANARD NOIR

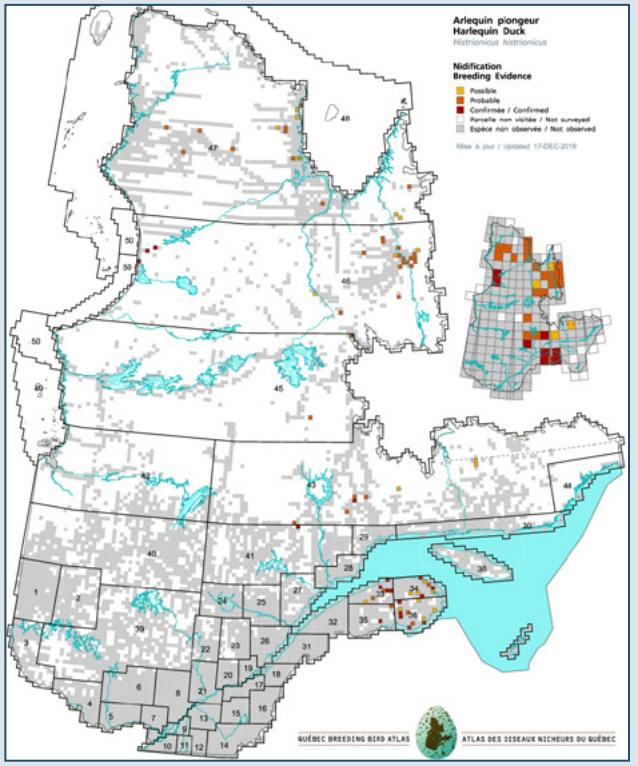
Dans les basses-terres du Saint-Laurent, le changement de paysage vers des cultures agricoles plus intensives, comme les céréales, le soya ou le maïs, semble ne plus convenir à l'élevage des canetons, faute de milieux humides, et semble de plus favoriser une espèce compétitrice au canard noir, soit le canard colvert[9]. On peut également citer l'exploitation des tourbières, l'endiguement, le drainage des terres, la coupe des haies brise-vent et la réduction des boisés qui limitent la reproduction du canard noir dans la vallée du Saint-Laurent[1]. La dégradation et la perte incessante de petits milieux humides demeurent un problème de taille dans les régions à forte densité humaine[9]. Il est possible que la chasse sportive représente toujours une menace à la population de canards noirs de la vallée du Saint-Laurent, alors que cela ne semble pas être le cas en territoire plus forestier[1].

Figure 3 Carte de répartition du garrot d'Islande au Québec



Répartition du garrot d'Islande par parcelles de 10 × 10 km au Québec selon le deuxième *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec* (2019)[10].

Figure 4 Carte de répartition de l'arlequin plongeur au Québec



Répartition de l'arlequin plongeur par parcelles de 10 × 10 km au Québec selon le deuxième *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec* (2019)[11].

Dans le Bas-Saint-Laurent, l'exploitation des tourbières est également considérée comme une menace aux espaces de nidification de l'espèce. Les modifications de l'habitat engendrées par les coupes forestières, les aménagements hydroélectriques et l'exploitation minière sont quant à elles les principales menaces pour les populations plus au nord[1].

GARROT D'ISLANDE

Les garrots d'Islande sont particulièrement vulnérables à de possibles déversements d'hydrocarbures sur leurs sites d'hivernage dans l'estuaire du Saint-Laurent étant donné qu'ils se concentrent à quelques sites seulement. Un tel évènement pourrait entraîner la mort d'une bonne part des garrots d'Islande de l'est de l'Amérique du Nord[4].

Les activités forestières représentent quant à elles la principale menace aux sites de nidification de l'espèce, les garrots d'Islande étant dépendants de cavités naturelles dans de très gros arbres vivants ou morts pour y pondre ses œufs. La réduction de la disponibilité de ces arbres et de ces chicots est la principale conséquence de la récolte forestière sur l'espèce. Effectivement, les pratiques forestières entraînent une réduction du nombre de gros arbres à grosses cavités[4]. Notons également l'accès aux lacs pour les pêcheurs et les chasseurs qui serait accentué par les activités de récolte du bois, ce qui augmenterait le dérangement du garrot d'Islande durant sa période de nidification dans certains secteurs auparavant inaccessibles par voie terrestre[4,10].

FORCES

- Chasse[1]
- Pêche récréative ou de subsistance[1]
- Activités industrielles[1]
- Activités forestières[1]
- Activités agricoles[1]
- Gestion des barrages[1]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[1]

IMPACTS

- Perte ou limitation d'activités commerciales de villégiature
- Problèmes d'exploitation des barrages
- Perturbation des activités forestières[1]
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (QUÉBEC)

- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur les activités de chasse* (RLRQ, c. C-61.1, r. 1)
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)
  - *Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (REFMVH) (RLRQ, c. E-12.01, r. 2)

LOIS ET RÈGLEMENTS (CANADA)

- *Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs* (L.C. 1994, ch. 22)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (QUÉBEC)

- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces

SOUTIEN FINANCIER (QUÉBEC)

- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert
- Programme de restauration et de création de milieux humides et hydriques (PRCMHH)

ARLEQUIN PLONGEUR

Historiquement, la chasse a été une pression pour l'espèce dans l'est du continent nord-américain. Une fois la chasse de cette espèce interdite sur ce territoire, les principales pressions sont maintenant le développement hydroélectrique (par le changement du régime hydrique), le braconnage, l'aquaculture, les pêcheries et les activités récréatives en zone côtière ainsi que près des rivières où niche l'espèce[5]. Toutes ces activités contribuent au dérangement de l'espèce et à la perte de son habitat.

RÉFÉRENCES

1. **LEPAGE, C., ET D. BORDAGE (SOUS LA DIRECTION DE)** (2013). État des populations de sauvagine du Québec, 2009. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, Série de rapports techniques no 525, 250 p.
2. **LEPAGE, C., D. BORDAGE, D. DAUPHIN, F. BOLDUC ET B. AUDET** (2015). *Plan de conservation de la sauvagine du Québec, 2011.* Série de rapports techniques no 532, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Québec, 248 p.
3. **NATURE SERVE.**
4. **ENVIRONNEMENT CANADA** (2013). *Plan de gestion du Garrot d'Islande (Bucephala islandica), population de l'Est, au Canada.* Série de Plans de gestion de la *Loi sur les espèces en péril*, Environnement Canada, Ottawa, 22 p.
5. **COSEPAC** (2013). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur l'Arlequin plongeur (Histrionicus histrionicus) population de l'Est au Canada.* Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, 53 p.
6. **U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE** (2019). Waterfowl population status, 2019. U.S. Department of the Interior, Washington, D.C., É-U.
7. **COMITÉ SUR LA SAUVAGINE DU SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE** (2019). *Situation des populations d'oiseaux migrateurs considérés comme gibier au Canada: novembre 2019.* Rapport du Service canadien de la faune sur la réglementation concernant les oiseaux migrateurs no 50.
8. **NAWMP** (2018). North American Waterfowl Management Plan (NAWMP) Update: connecting people, waterfowl, and wetlands, 46 p.
9. **LEPAGE, C.** (2019). Canard noir, p. 112-113, dans *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional* (M. Robert, M.-H. Hachey, D. Lepage et A.R. Couturier, dir.). Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'oiseaux Canada, Montréal, xxv + 694 p.
10. **ROBERT, M.** (2019). Garrot d'Islande, p. 136-137, dans *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional* (M. Robert, M.-H. Hachey, D. Lepage et A.R. Couturier, dir.). Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'oiseaux Canada, Montréal, xxv + 694 p.
11. **ROBERT, M.** (2019). Arlequin plongeur, p. 128-129, dans *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional* (M. Robert, M.-H. Hachey, D. Lepage et A.R. Couturier, dir.). Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'oiseaux Canada, Montréal, xxv + 694 p.

Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)

ÉTAT

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Maintien

La figure 1 présente l'indice de pérennité des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau. Voici les espèces concernées, avec leur dernière évaluation de rang S indiquée entre parenthèses, qui a été effectuée en 2019:

Pour les amphibiens, les espèces considérées sont le crapaud d'Amérique (S5), la grenouille des bois (S4), la grenouille des marais (S4), la grenouille du Nord (S4), la grenouille léopard (S4), la grenouille verte (S4S5), le necture tacheté (S3), le ouaouaron (S4S5), la rainette crucifère (S4), la rainette faux-grillon boréale (S2), la rainette faux-grillon de l'Ouest (S2), la rainette versicolore (S4), la salamandre à deux lignes (S5), la salamandre à points bleus (S4S5), la salamandre à quatre orteils (S3), la salamandre cendrée (S4), la salamandre maculée (S4S5), la salamandre pourpre (S3), la salamandre sombre des montagnes (S2S3), la salamandre sombre du Nord (S4) et le triton vert (S4).

Pour les reptiles, les espèces considérées sont la couleuvre d'eau (S3), la tortue des bois (S3), la tortue géographique (S3), la tortue mouchetée (S2S3), la tortue musquée (S2S3), la tortue peinte (S4), la tortue serpentine (S4) et la tortue-molle à épines (S1).

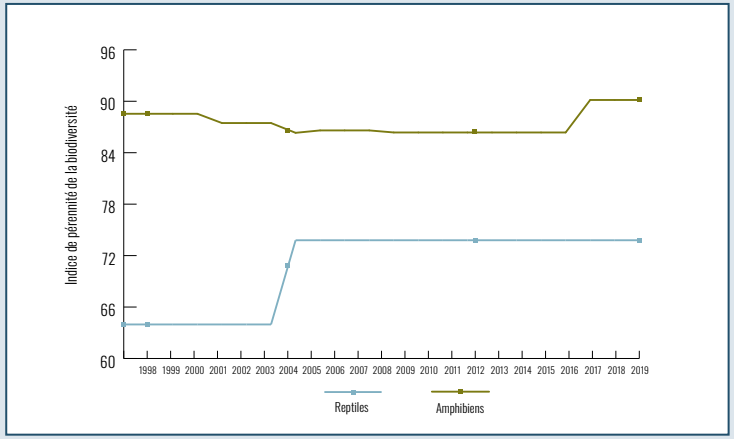
Parmi toutes ces espèces, seulement deux ont actuellement un rang S5.

Au fur et à mesure que les évaluations de rang S sont effectuées, on remarque une fluctuation dans l'indice de pérennité. Cela met en lumière que, si un nombre élevé d'espèces se voient attribuer un changement draconien dans leur rang S, un changement sera facilement détectable dans la tendance de l'indice de pérennité.

DESCRIPTION

L'indicateur est issu d'une analyse comparative entre les précédents calculs du rang de précarité S (« S » pour *state* ou province; ci-après « rang S ») concernant les espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau. La valeur attribuée au rang suit la méthodologie de NatureServe[10]. Les calculs sont faits en choisissant la catégorie qui correspond le plus à la situation actuelle de l'espèce évaluée sur huit critères. Les années de calculs sont 1998, 2005, 2012 et 2019. Cette analyse permet de tirer un état de la situation pour ces espèces dépendantes de l'eau. Elle s'appuie sur l'indice de changement des rangs S attribués aux espèces d'une année de calcul à l'autre: l'indice de pérennité (encart Méthodologie).

Figure 1 Indice de pérennité des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau



Les lignes montrent la variation de l'indice de changement du rang S, ou indice de pérennité, attribué aux espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau. Les points indiquent les années d'évaluation du rang S (à noter que certaines espèces ont reçu des révisions de leur rang S entre les années d'évaluation, ce qui explique la variation entre les points).

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

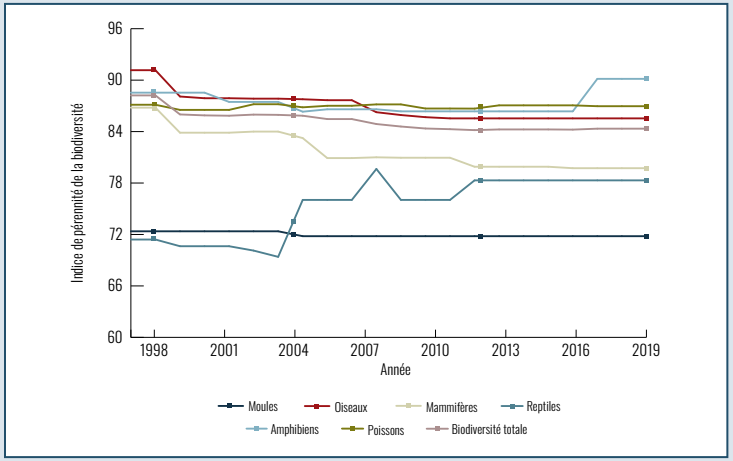
La tendance de l'indice pour le groupe des amphibiens et pour le groupe des reptiles a été montrée séparément (figure 1). Si une comparaison devait être faite entre ces deux groupes, on pourrait en déduire que, généralement, les espèces d'amphibiens du Québec sont en meilleure situation que celles de reptiles qui sont étroitement liées à l'eau. Par contre, il est important de noter que l'on retrouve ici deux groupes d'espèces fauniques particulièrement en danger au Québec, voire au monde. En effet, l'état de plusieurs espèces d'herpétofaune est critique au Québec. Sur les 36 espèces indigènes d'amphibiens et de reptiles présentes au Québec, 5 sont désignées comme menacées et 4 sont désignées comme vulnérables au Québec en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Québec* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01). De plus, 11 espèces sont inscrites sur la liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables. Ainsi, 56 % des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec sont considérées comme étant dans une situation précaire. À titre comparatif, le pourcentage est d'environ 20% pour les mammifères, de moins de 15 % pour les poissons marins et d'eau douce et de moins de 6% pour les oiseaux.

Bien sûr, il faut prendre en considération que l'état de la situation de ces espèces ne repose pas uniquement sur la qualité des plans d'eau qu'elles fréquentent, bien que ces derniers soient essentiels à leur survie. Pour plus de détails à ce propos, consultez la section « Pressions ».

Le portrait de l'évolution de l'indice de pérennité pour l'ensemble de la biodiversité faunique indigène du Québec dont nous disposons d'une évaluation de rangs S est présenté à la figure 2. Les seuls invertébrés considérés dans cette figure correspondent aux espèces de moules d'eau douce qui sont suivies par le personnel du MFFP. En comparant les deux figures, on s'aperçoit rapidement que l'état des reptiles étroitement liés à l'eau est bien en dessous de celui des autres groupes d'espèces évalués, hormis les moules d'eau douce. Le Québec n'ayant que peu d'espèces de reptiles, et encore moins d'espèces étroitement liées à l'eau, le changement de rang S vers des valeurs de précarité plus élevées pour cette catégorie se traduit en une variation flagrante de l'indice, alors que pour une catégorie comme les poissons d'eau douce indigènes et diadromes, avec 109 espèces, un changement de rang S vers des valeurs plus précaires pour un nombre d'espèces équivalent se retrouve moins bien représenté.

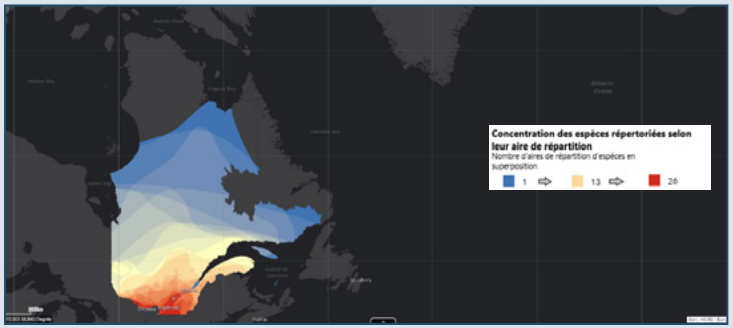
Enfin, il est important de considérer que l'indice de pérennité est applicable à l'échelle de la province seulement. Le rang S est attribué à l'espèce et non à une population localisée. Il est possible qu'une même espèce se porte bien près de la limite nordique de son aire de répartition, là où les pressions peuvent être moindres, alors que son état est beaucoup plus précaire dans le sud, où la présence anthropique est concentrée. La figure 3 montre l'état de la biodiversité des espèces d'herpétofaune qui sont étroitement liées à l'eau au Québec.

Figure 2 Indice de pérennité de la biodiversité indigène du Québec



Les lignes montrent la variation de l'indice de changement du rang S, ou indice de pérennité, attribué à l'ensemble de la biodiversité faunique indigène du Québec. La ligne représentant les reptiles intègre ainsi plus d'espèces que dans la figure 1, puisqu'on considère maintenant les espèces qui ne sont pas étroitement liées à l'eau, comme la plupart des espèces de couleuvres.

Figure 3 Carte d'état de la biodiversité des espèces d'herpétofaune qui sont étroitement liées à l'eau au Québec



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Cette carte présente les différentes aires de répartition superposées des espèces d'herpétofaune étroitement liées à l'eau du Québec. Notez la grande concentration des espèces dans le sud de la province. Les zones bleues présentent une faible biodiversité, alors que les zones rouges montrent une concentration élevée d'espèces différentes.

PRESSIONS

Plusieurs forces peuvent créer des pressions susceptibles de modifier l'état de la situation d'une espèce indigène d'amphibien ou de reptile au Québec[1,2,3,4,5,6,7,8,9,12]. Ce changement d'état se reflète dans l'évaluation du rang S de l'espèce concernée, soit l'élément à la base de l'indicateur en question ici. Ces pressions sont liées principalement à la destruction, la dégradation et la fragmentation des habitats fréquentés par ces espèces. Ces habitats font souvent partie des écosystèmes aquatiques. En diminuant le nombre et la qualité des milieux naturels humides, lacustres et fluviatiles essentiels à ces espèces, l'état de leurs populations se détériore. Leur rang S augmente en niveau de précarité, modifiant ainsi le présent indicateur. Toutefois, bien qu'elles soient dépendantes des écosystèmes aquatiques, ces espèces sont sensibles à d'autres pressions non reliées à ces milieux, comme la mortalité associée au passage des automobiles et à la machinerie agricole ou encore la collecte, la garde en captivité et le commerce illégal.

L'indicateur se calcule en intégrant les rangs S de toutes les espèces d'herpétofaune indigènes du Québec qui sont étroitement liées à l'eau, qu'elles soient actuellement désignées par la LEMV ou non. Pour les besoins de ce document, les pressions présentées sont associées aux principales espèces d'herpétofaune en situation précaire au Québec.

Pour la rainette faux-grillon de l'Ouest, l'urbanisation, par le développement résidentiel, industriel et commercial, est la cause principale de la dégradation de son habitat. On retrouve aussi l'intensification de l'agriculture, ayant mené au remblayage, au drainage, au nivellement des terres et au déboisement des milieux naturels. La modification de l'écoulement naturel de l'eau par les barrages de castor nuit au succès de reproduction de l'espèce. Les rejets de fertilisants et de pesticides dans les milieux naturels altèrent la qualité de l'eau et peuvent nuire au développement des rainettes, comme le nitrate des engrais qui est problématique pour l'éclosion des œufs et la croissance des têtards. La colonisation des plans d'eau par des espèces végétales exotiques envahissantes est problématique pour les amphibiens, parce que ces espèces peuvent assécher les milieux et amener d'autres conséquences néfastes. C'est le cas du nerprun cathartique qui produit un composé secondaire, l'émodine, qui peut accroître la gravité des malformations et le taux de mortalité des embryons lorsqu'il se retrouve dans les sites de reproduction[1].

ENCART

MÉTHODOLOGIE*

Rang de priorité de conservation

La révision des rangs de priorité pour les poissons, les moules d'eau douce et l'herpétofaune du Québec (rangs S) est un processus cyclique qui est répété environ tous les 7 ans. Il est basé sur un calcul de l'état global de la situation de chaque espèce selon les 8 critères suivants: la superficie de la zone d'occurrence (*range Extent*), la superficie de la zone d'occupation (*area of occupancy*), le nombre d'occurrences, la taille de la population, l'intégrité écologique des occurrences ou du pourcentage de l'aire d'occupation, la tendance à court terme (projection sur les 20 prochaines années), la tendance à long terme (au cours des 200 dernières années) et l'impact des menaces. Les rangs utilisés pour l'indice sont S1 (sévèrement en péril), S2 (en péril), S3 (vulnérable), S4 (largement répartie, abondante et apparemment hors de danger, mais il demeure des causes d'inquiétude à long terme) et S5 (largement répartie, abondante et stabilité démontrée).

Indice de pérennité

L'indice de pérennité (indice du changement des rangs S), calculé pour les espèces fauniques indigènes intimement liées à l'eau, intègre un impact plus sévère d'une espèce qui passe de S3 à S2, comparée à une espèce qui passe de S5 à S4. Une fonction logarithmique permet d'accorder plus d'importance aux changements pour les espèces très précaires. Ainsi, une espèce de rang S1 qui devient S2 augmente son indice de 22% tandis qu'une espèce de rang S4 qui devient S5 augmente son indice de 10%. À noter que l'indice est ajusté à une échelle de 0 à 100. Un indice élevé représente une communauté peu précaire et pérenne tandis qu'un indice faible reflète la précarité d'une communauté. Un indice de pérennité de 100 représente seulement des espèces ayant un rang S5.

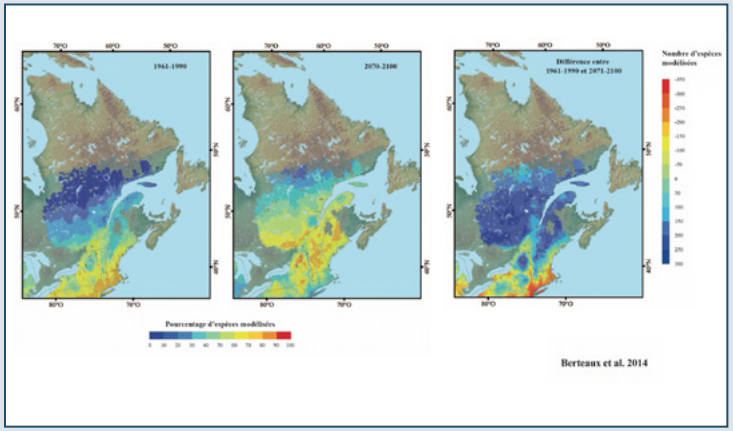
* La méthodologie est basée sur l'étude de Quayle et collab. (2007)[9]

Pour les principales espèces de tortues d'eau douce en situation précaire au Québec, à savoir la tortue mouchetée, la tortue musquée, la tortue géographique, la tortue des bois et la tortue-molle à épines, les pressions qui sont davantage susceptibles de faire modifier leur rang S sont grandement liées à la perte et à la dégradation de leurs habitats, dont la modification intensive des rives, ainsi qu'à la mortalité et aux blessures associées aux activités nautiques. La composante aquatique de ces habitats est très importante pour ces espèces. Une baisse de qualité des écosystèmes aquatiques peut se refléter rapidement dans le déclin des populations, donc la modification de leur rang S. Même la tortue des bois, soit la plus terrestre des tortues d'eau douce du Québec, demeure une tortue semi-aquatique qui s'éloigne rarement à plus de 200 m d'un cours d'eau et qui utilise le milieu aquatique à longueur d'année. Comme pour toutes les tortues, les cours d'eau qu'elle fréquente doivent demeurer limpides.

L'hiver, les tortues d'eau douce du Québec hibernent au fond de l'eau, soit directement dans le lit du cours d'eau, soit dans des terriers de rats musqués, dans des souches immergées ou encore sous une berge en saillie. Comme elles ne respirent alors que par la peau, il est essentiel que la tenure en oxygène de ces milieux aquatiques soit élevée et qu'ils soient exempts de polluants[2,3,4,5,6,7].

La contrainte physiologique imposée par la respiration cutanée de certaines salamandres de ruisseaux, dont la salamandre pourpre et la salamandre sombre des montagnes, rend ces espèces particulièrement sensibles à toute modification, détérioration et perte d'habitat aquatique. Au Québec, le développement à des fins résidentielles, récréotouristiques, minières et de production d'énergie et le captage de l'eau souterraine à des fins résidentielles, agricoles et commerciales constituent actuellement les menaces les plus importantes à la survie de ces espèces. La contamination de la nappe phréatique, le pompage des eaux à des fins commerciales et l'assèchement des sources d'eau sont particulièrement nocifs pour les salamandres, car elles ne tolèrent pas les milieux secs. L'exploitation forestière, notamment par l'intensification des coupes forestières, la pollution et la sédimentation dans les cours d'eau, ainsi que l'introduction ou l'ensemencement de poissons représentent également des menaces sérieuses pour les salamandres[8,9]. La couleuvre d'eau est inscrite sur la liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables. Il s'agit de l'espèce de couleuvre la plus étroitement associée au milieu aquatique. Excellente nageuse, elle fréquente le bord des rivières, des ruisseaux, des étangs et des lacs. Cette espèce serait également sensible à la pollution environnementale comme les résidus toxiques de pesticides et les métaux lourds, ainsi qu'à la perte et la fragmentation des habitats occasionnées par le développement industriel et résidentiel et les travaux de stabilisation des berges[12].

Figure 4 Effets potentiels sur 765 espèces modélisées des changements climatiques prévus entre 1961-1990 et 2071-2100



Berteaux et ses collègues (2014) ont modélisé les effets potentiels des changements climatiques sur 765 espèces fauniques et floristiques, en comparant la différence entre le pourcentage d'espèces répertoriées de la période 1961-1990 et la période 2070-2100 (voir les deux cartes sur la 1re ligne). Le résultat (voir la carte sur la 2e ligne) montre que, vers le nord, le nombre d'espèces augmentera alors que ce sera l'inverse vers le sud (Berteaux et collab., 2014).

FORCES

- Urbanisation[1 à 9]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[1 à 9]
- Infrastructures de transport[1 à 9]
- Activités industrielles[1 à 9]
- Activités forestières[1 à 9]
- Activités agricoles[1 à 9]
- Gestion des barrages[1 à 9]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[1 à 9]
- Prélèvements d'eau[8,9]
- Espèces exotiques envahissantes[1,8,9]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques entraîneront des mouvements potentiels d'aires de répartition vers le Nord de plusieurs espèces fauniques et floristiques. La figure 4 met en lumière ce constat[16]. On remarque que, dans le Sud, le nombre d'espèces serait en diminution, alors que vers le nord ce nombre augmenterait. Cette situation peut s'expliquer par le fait que certaines espèces retrouveront les températures adéquates à leur survie plus vers le nord qu'autrefois, ce qui les poussera à migrer vers le nord.

C'est le cas des tortues, pour lesquelles l'aire de répartition est affectée par les conditions climatiques. Il est estimé que, pour la majorité des espèces de tortues, l'aire de répartition devrait se déplacer vers les pôles pour que les conditions climatiques dans leurs habitats demeurent similaires à celles d'aujourd'hui[15]. Le Québec se trouve dans une région où la richesse en espèces de tortues pourrait donc augmenter à la suite du déplacement ou de l'extension d'aires de répartition vers les pôles. Les changements climatiques permettraient également aux espèces de tortues déjà présentes au Québec d'étendre leur aire de répartition au nord de leur limite actuelle.

La densité de tortues, comme celle de beaucoup d'autres espèces[13], est plus élevée dans le centre de leur répartition que près de leur limite nordique de répartition[14]. Il est donc probable que la taille des populations au Québec augmente avec les changements climatiques. Cela peut s'expliquer par une croissance accélérée, un meilleur succès de reproduction et une maturité sexuelle plus hâtive dans un environnement plus chaud[2,3,4,5,6]. Actuellement, les impacts des changements climatiques ne sont pas encore documentés comme un facteur de dégradation de l'habitat actuel de la plupart des tortues du Québec, bien que des impacts considérables soient appréhendés dans le futur. Les crues peuvent occasionner des déplacements involontaires de tortues par lessivage ou même des mortalités. Pour certaines espèces, les crues estivales plus fréquentes pourraient tuer les œufs dans les nids creusés près des rivières. Bien que les œufs soient adaptés pour survivre à des épisodes de pluies intenses avec une brève saturation du sol en eau, l'érosion causée par les crues pourrait lessiver certains œufs ou dénuder certains nids[2,3,4,5,6].

Les effets des changements climatiques qui semblent être les plus problématiques pour la rainette faux-grillon de l'Ouest sont ceux qui sont associés au cycle hydrologique. La sécheresse et le réchauffement peuvent causer un déclin des populations en réduisant le nombre et la qualité des étangs temporaires qui sont vitaux pour son développement.

IMPACTS

- Perte d'un patrimoine naturel ou archéologique québécois[11]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1 à 9]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[2,3,4,5,6]
- Redoux hivernaux plus fréquents
  (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[1]
- Tempêtes plus intenses et fréquentes
  (ex.: vents, verglas)[2,3,4,5,6]
- Changements du régime hydrologique
  (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[2,3,4,5,6,7,8]
- Températures ambiantes plus élevées
  (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[1,7,8]

Au Québec, cette problématique est difficile à évaluer puisque l'espèce vit où l'hydrologie dépend en partie des activités humaines. Cependant, l'hydropériode devrait être raccourcie, en raison d'une diminution des précipitations sous forme de neige, une fonte plus rapide au printemps et des épisodes prolongés de sécheresse. Ainsi, le succès reproducteur de l'espèce devrait être à la baisse. Ces changements pourraient également entraîner un taux de mortalité plus élevé chez les têtards[1].

Les salamandres de ruisseaux seront de plus en plus affectées par les changements climatiques. Une augmentation de précipitations intenses, séparées par de plus longues périodes de sécheresse, aura comme effet d'altérer la qualité des cours d'eau fréquentés par les salamandres. Certains ruisseaux pourraient disparaître ou se retrouver avec des niveaux d'eau qui ne correspondent plus au besoin des salamandres, qui devront changer d'habitat. L'augmentation du débit et de la fréquence des crues associées aux épisodes de précipitations extrêmes risque d'accroître la mortalité des salamandres au moment de la métamorphose, en emportant les individus ou en lessivant les nids. Les habitats de reproduction et d'hivernage pourraient être détruits ou leur accessibilité compromise[7,8].

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r. 35) [2,3,4,5,6,7,8]

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Canada)

- Politique sur la conservation des terres humides

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (chapitre C-6.2) (Loi sur l'eau)
- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)
- *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (LAU) (RLRQ, c. A-19.1)
- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) (RLRQ, c. Q-2, a. 22)[1,2]
  - *Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques* (R.Q c. Q-2, r. 9.1)[1]
- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)[1,2,3,4,5,6,7,8]
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)[1,2,3,4,5,6,7,8]
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)[1,2,3,4,5,6,7 8]
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)[1,2,3,4,5,6,7,8]
  - *Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (REFMVH) (RLRQ, c. E-12.01, r. 2)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)[1,2,3,4,5,6,7,8]

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les espèces en péril du Canada* (LEP) (L.C. 2002, ch. 29)[1,2,3,4,5,6,7,8]
- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)[2,3,4,5,6]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)
- Plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF)
- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de la production des Plans régionaux des milieux humides et hydriques
- Financement de projets de restauration et d'aménagement d'habitats
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert

AUTRES

- Campagnes d'éradication d'espèces exotiques envahissantes
- Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ)[1,2,3,4,5,6,7,8]
- Réseaux de suivi

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Element Occurrence Data Standard[17]
  https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard
- Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes[18]
  https://www.editionsmichelquintin.ca/produit/1298-amphibiens-et-reptiles-du-quebec-et-des-maritimes-souple-.html
- Turtles of the United States and Canada[14]
  https://jhupbooks.press.jhu.edu/title/turtles-united-states-and-canada
- Frogs of the United States and Canada[19]
  https://jhupbooks.press.jhu.edu/title/frogs-united-states-and-canada-2-vol-set
- Changements climatiques et biodiversité du Québec: vers un nouveau patrimoine nature[16]
  http://cc-bio.uqar.ca/images/extrait.pdf

RÉFÉRENCES

1. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE LA RAINETTE FAUX-GRILLON DE L'OUEST DU QUÉBEC** (2019). *Plan de rétablissement de la rainette faux-grillon de l'Ouest (Pseudacris triseriata), 2019-2029*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 65 p., [En ligne], https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/PL_retablissement_Rainette_faux_grillon_2019-2029.pdf.
2. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2019). *Plan de rétablissement de la tortue des bois (*Glyptemys insculpta*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 57 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/plan_retablissement_tortue-des-bois_2020-2030.pdf.
3. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2020). *Plan de rétablissement de la tortue mouchetée (*Emydoidea blandingii*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 52 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/especes/plan_retablissement_tortue-mouchetee_2020-2030.pdf.
4. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2020). *Plan de rétablissement de la tortue géographique (*Graptemys geographica*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 60 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/especes/plan_retablissement_tortue-geographique_2020-2030.pdf.
5. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la tortue musquée (*Sternotherus odoratus*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.
6. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2020). *Plan de rétablissement de la tortue-molle à épines (*Apalone spinifera*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 51 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/plan_retablissement_tortue-molle-a-epines_2020-2030.pdf.
7. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES SALAMANDRES DE RUISSEAUX DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la salamandre sombre des montagnes (*Desmognathus ochrophaeus*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.
8. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES SALAMANDRES DE RUISSEAUX DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la salamandre pourpre (*Gyrinophilus porphyriticus*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.
9. **QUAYLE, JAMES F., LEAH R. RAMSAY ET DAVID F. FRASER** (2007). « Trend in the Status of Breeding Bird Fauna in British Columbia, Canada, Based on the IUCN Red List Index Method », *Conservation Biology*, vol. 21, nº 5, p. 1241-1247.
10. **NATURESERVE**, 2019. « An Online Encyclopedia of Life », dans le site de *NatureServe Explorer*, [En ligne], http://www.natureserve.org/explorer/ (page consultée le 20 septembre 2019).
11. **BEAULIEU, HÉLÈNE** (1992). *Liste des espèces de la faune vertébrée susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, ISBN 2-550-27104-1, 107 p.
12. **MFFP** (2001). « Couleuvre d'eau », dans le site du MFFP de la Liste des espèces désignées comme menacées ou vulnérables au Québec, [En ligne], https://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=70 (page consultée le 23 septembre 2019).
13. **JAREMA, S. I., J. SAMSON, B. J. MCGILL ET M. M. HUMPHRIES** (2009). « Variation in abundance across a species' range predicts climate change responses in the range interior will exceed those at the edge: a case study with North American beaver », *Global Change Biology*, 15(2): 508-522.
14. **ERNST, C. H., ET J. E. LOVICH** (2009). *Turtles of the United States and Canada*, 2nd Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, 827 p.
15. **IHLOW, F., J. DAMBACH, J. O. ENGLER, M. FLECKS, T. HARTMANN, S. NEKUM, H. RAJAEI ET D. RÖDDER** (2012). « On the brink of extinction? How climate change may affect global chelonian species richness and distribution », *Global Change Biology*, 18(5): 1520-1530.
16. **BERTEAUX, D., N. CASAJUS ET S. DE BLOIS** (2014). *Changements climatiques et biodiversité du Québec: vers un nouveau patrimoine naturel*, Presses de l'Université du Québec, Québec, 202 p.
17. **NATURESERVE** (2002). *Element Occurrence Data Standard*. NatureServe et Network of Natural Heritage - Programs and Conservation Data Centers, 201 p., [En ligne], https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard
18. **RODRIGUE, D., ET J.-F. DESROCHES** (2018). Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes, édition revue et augmentée, Éditions Michel Quintin, Montréal (Québec), 375 p. , [En ligne], https://www.editionsmichelquintin.ca/produit/1298-amphibiens-et-reptiles-du-quebec-et-des-maritimes-souple-.html.
19. **DODD, C. K.** (2013). Frogs of the United States and Canada, 2 vol. set (Vol. 1), JHU Press., [En ligne], https://jhupbooks.press.jhu.edu/title/frogs-united-states-and-canada-2-vol-set.

LACS

- Espèces sportives des eaux intérieures
- État trophique des lacs
- Indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes
- Plantes aquatiques exotiques envahissantes
- Population de sauvagine
- Qualité bactériologique des eaux de baignade des plages participant au programme Environnement-Plage
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)



Espèces sportives des eaux intérieures

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Ne s'applique pas; données historiques insuffisantes.

L'état des populations de doré jaune est bon et est demeuré relativement stable entre 1988 et 2008 (figure 2). La proportion de populations de touladi à l'équilibre a augmenté, passant de 27 % pour la période 1988-2002 à 37 % pour la période 2003-2012, mais demeure faible. Pour l'omble de fontaine, les inventaires réalisés entre 2002 et 2016 démontrent que seulement 40 % des populations sont en bon état. Les inventaires antérieurs ne sont pas assez nombreux pour poser un diagnostic et ainsi évaluer la tendance pour cette espèce.

PRESSIONS

Divers facteurs limitants et différentes pressions affectent la productivité des populations de poissons en lac, dont la dégradation des habitats (sédimentation, fragmentation, urbanisation, etc.), l'introduction d'espèces et la surexploitation. Ces pressions affectent différemment les populations selon l'espèce.

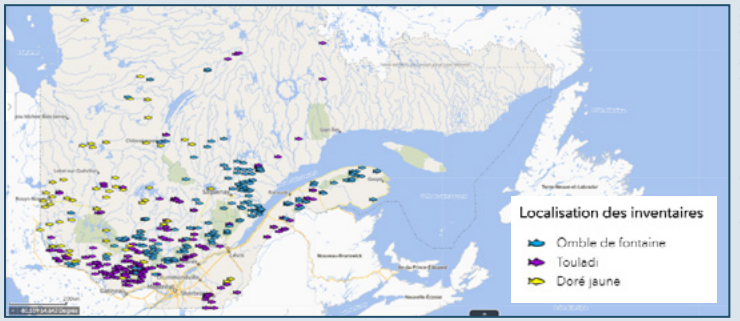
Le doré jaune est l'espèce la plus tolérante face aux pressions. Il demeure toutefois susceptible d'être affecté par la dégradation de la qualité de l'eau (acidification, turbidité ou eutrophisation), la perte d'aires de fraie causée par la gestion des barrages et les activités forestières (sédimentation, modification des débits, etc.), l'introduction d'espèces et la surexploitation[4,13].

Les activités humaines à proximité d'un lac ou dans son bassin versant (déboisement, rejets d'égouts et d'installations septiques, pisciculture, épandage de lisiers ou d'engrais, etc.) augmentent les apports en phosphore et, par conséquent, le développement des végétaux.

DESCRIPTION

Afin d'évaluer l'état des populations des principales espèces exploitées en eaux intérieures, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a instauré des méthodes normalisées d'inventaire des populations en lac[22]. Ces inventaires standardisés, réalisés depuis 1987 (figure 1), ont permis de poser un diagnostic sur l'état des populations à l'échelle provinciale lors de l'élaboration des plans de gestion du doré[13], du touladi[15] et de l'omble de fontaine au Québec (figure 1).

Figure 1 Emplacement des inventaires



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Les inventaires normalisés permettant de poser un diagnostic sur l'état des populations de doré jaune, de touladi et d'omble de fontaine ont été réalisés entre 1988 et 2016 partout dans la province, selon la répartition de l'espèce.

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune aquatique**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

La décomposition des matières végétales mortes par l'activité bactérienne consomme une partie de l'oxygène dissous qui devient alors moins disponible, particulièrement dans les zones plus profondes. L'impact de l'eutrophisation des plans d'eau se fait particulièrement sentir sur le touladi qui vit dans les eaux profondes et requiert un grand volume d'eau froide et bien oxygénée[5,15]. Chez le doré, l'eutrophisation peut se traduire par une augmentation du nombre de parasites et de maladies et une baisse du succès reproducteur en raison de la perte d'habitat de fraie[13].

L'omble de fontaine habite une grande variété d'habitats, mais est de moins en moins présent dans les zones urbaines et agricoles[1,2]. La fragmentation des habitats, le réchauffement des cours d'eau, la modification des régimes hydriques, l'apport de sédiments et la dégradation de la qualité de l'eau sont des éléments qui diminuent la qualité de l'habitat de l'omble de fontaine et affectent l'état de santé des populations.

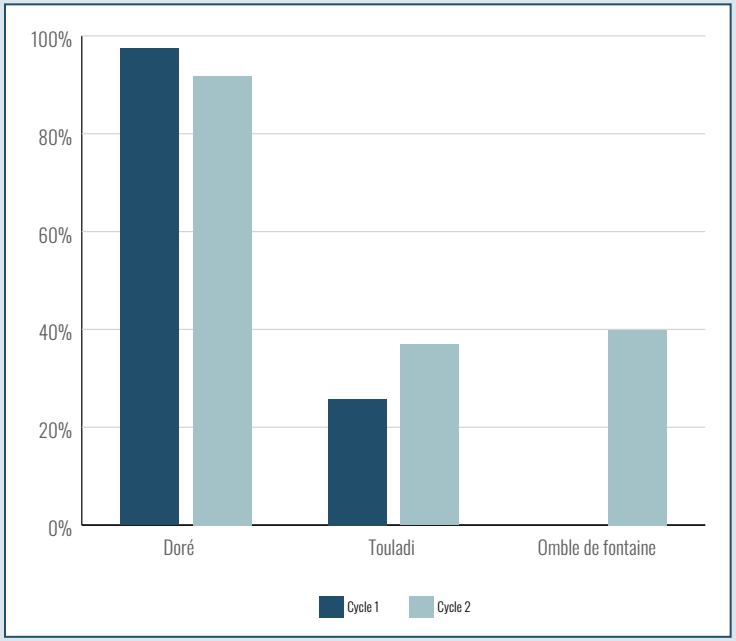
L'exploitation forestière et le développement du réseau routier créent diverses pressions sur le milieu aquatique et les espèces exploitées : apport de sédiments[23], fragmentation de l'habitat et isolement génétique[25], augmentation des débits de pointe[24], altération de la qualité de l'eau[7] et du régime alimentaire[24], augmentation des risques de braconnage et de surexploitation[13], etc. Ces impacts sont bien documentés chez l'omble de fontaine qui est très présent en milieu forestier, mais peuvent également affecter le doré jaune[13] et le touladi[15].

Près de 70 lacs réservoirs abritent une population de touladis au Québec. Selon leur fonction, ces lacs avec barrage peuvent être sujets à des variations saisonnières du niveau d'eau. L'amplitude du marnage hivernal peut se situer entre 0,25 et 7,0 mètres, selon les plans d'eau. Comme le touladi dépose ses œufs à l'automne à moins de deux mètres de profondeur en moyenne, cet abaissement du niveau d'eau peut nuire à sa reproduction en exondant les œufs et entraînant leur mort[9,15]. L'implantation de centrales hydroélectriques peut aussi entraîner une modification du débit et du niveau d'eau, ce qui peut limiter l'accès des géniteurs aux frayères[13].

L'introduction d'espèces, notamment des espèces de poissons compétitrices, représente une menace pour le maintien des populations indigènes. Par exemple, l'introduction d'achigans à petite bouche, de crapets de roche ou d'éperlans arc-en-ciel dans un lac à touladi diminue l'abondance de certaines espèces et modifie les ressources alimentaires disponibles pour le touladi, pouvant ainsi affecter son abondance ou sa croissance[10,15]. Chez l'omble de fontaine, l'introduction d'espèces compétitrices comme le meunier noir, le mulet à cornes ou la perchaude diminue de 30 % à 90 % la productivité des plans d'eau en allopatrie, selon l'espèce introduite[11].

Bien que les espèces puissent supporter un certain niveau d'exploitation, elles demeurent sensibles à la surexploitation qui peut diminuer leur abondance et la taille moyenne dans la population[3,4,5]. La surpêche peut faire diminuer

Figure 2 Proportion des populations en lac dont le niveau d'abondance est bon



La proportion de lacs à doré jaune, touladi et omble de fontaine dont l'abondance est élevée est illustrée pour chaque cycle d'inventaires. La période couverte par chaque cycle est variable selon l'espèce, mais couvre entre 10 et 15 ans.

considérablement l'abondance du doré jaune, bien que les populations soient en mesure de réagir par différents mécanismes compensatoires[13]. Ultimement, la surexploitation affecte le potentiel reproducteur, diminuant la capacité de la population à se rétablir. Le touladi est particulièrement vulnérable puisqu'il vit dans des eaux froides et pauvres et a une croissance lente et une maturité tardive[15]. La pêche d'hiver est particulièrement néfaste pour le touladi[5]. Chez l'omble de fontaine, il a été démontré qu'un niveau d'exploitation élevé avait des répercussions notamment sur l'âge à maturité[6], l'âge moyen dans la population et la taille des femelles matures (données non publiées).

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les salmonidés, tels le touladi et l'omble de fontaine, semblent particulièrement vulnérables aux changements climatiques, puisqu'ils préfèrent généralement les eaux froides et bien oxygénées. Le réchauffement de l'eau et la diminution de la concentration d'oxygène dissous sont susceptibles de diminuer le volume d'habitat disponible en milieu lacustre pour ces espèces et ainsi affecter le rendement et la taille des populations.

Le touladi tend à éviter les températures élevées en se déplaçant vers les eaux plus profondes et froides lorsque la température des eaux de surface augmente au cours de la saison. Ses besoins en oxygène dissous sont également élevés. C'est donc à la fin de l'été que le volume d'habitat disponible en milieu lacustre pour le touladi est à son plus bas. Le réchauffement des eaux plus rapide au printemps et l'atteinte de températures ambiantes plus élevées au cours de l'été compresseront la niche thermique du touladi et augmenteront la profondeur et la durée de la stratification des lacs. La thermocline sera ainsi plus profonde, diminuant le volume d'habitat thermique disponible pour le touladi. De plus, la stratification se ferait sur une plus longue période. Par conséquent, la quantité d'oxygène accumulée lors du brassage printanier dans l'hypolimnion risque de devenir très faible à la fin de l'été. Le retard du retournement automnal affectera la disponibilité d'habitat étant donné l'extension de la durée de la période anoxique. Le touladi sera ainsi exposé pendant des périodes prolongées à des conditions environnementales qui ne seront pas optimales.

Les changements climatiques peuvent aussi réduire la productivité du touladi en modifiant les conditions d'alimentation, de reproduction et de recrutement des juvéniles. Ils peuvent introduire de nouvelles espèces ou modifier la répartition de celles qui sont déjà présentes, augmentant la prédation ou la compétition interspécifique.

FORCES

- Urbanisation[1,2]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)
- Pêche récréative ou de subsistance[3,4,5,6]
- Activités forestières
- Activités agricoles
- Gestion des barrages[9]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)
- Introductions d'espèces[10,11,12]

IMPACTS

- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)[1,2,3,4,5,6,11,12,13,15]
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques[25]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Diminution de la couverture de glace (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)[26]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[26]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[26]
- Modification de la distribution des espèces fauniques[26]

L'omble de fontaine est souvent dépendant de l'apport en eaux froides et sera aussi affecté par le réchauffement climatique. Bien qu'il tolère des températures plus élevées que le touladi et qu'il soit capable de se réfugier dans les cours d'eau plus frais, la température demeure un facteur critique durant la reproduction et l'incubation des œufs. Les pluies abondantes ou le changement dans le régime des eaux sont également susceptibles de détériorer les habitats en cours d'eau, notamment en augmentant l'apport de sédiments sur les frayères.

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)[20]
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur l'aquaculture et la vente des poissons* (RLRQ, c. C-61.1, r. 7)[19]
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)[18]

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)
  - Ordonnance générale 2019 modifiant le Règlement de pêche du Québec[27,28]
  - *Règlement de pêche du Québec* (DORS/90-214)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces[13,14,15]

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)[21]

AUTRES

- Imposition de mesures d'exploitation restrictives et de quotas[16,17]
- Rapports et publications de sensibilisation
- Réseaux de suivi[16,17]

RÉFÉRENCES

1. **HUDY, M., T. M. THIELING, N. GILLESPIE ET E. P. SMITH** (2008). « Distribution, Status, and Land use Characteristics of Subwatersheds within the Native Range of Brook Trout in the Eastern United States », *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 28, p. 1069-1085.
2. **STRANKO, S. A., R. H. HILDERBRAND, R. P. MORGAN II, M. W. STALEY, A. J. BECKER, A. ROSEBERRY-LINCOLN, E. S. PERRY ET P. T. JACOBSON** (2008). « Brook Trout Declines with Land Cover and Temperature Changes in Maryland », *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 28, p. 1223-1232.
3. **POST, J., M. SULLIVAN, S. COX, N. P. LESTER, C. J. WALTERS, E. A. PARKINSON, A. J. PAUL, L. JACKSON ET B. J. SHUTER** (2002). « Canada's Recreational Fisheries: The Invisible Collapse? », *Fisheries*, vol. 27, nº 1, p. 6-17.
4. **ANTHONY, D. D., ET C. R. JORGENSEN** (2011). « Factors in the Declining Contributions of Walleye (Stizostedion vitreum vitreum) to the Fishery of Lake Nipissing, Ontario, 1960-76 », *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 34, nº 10, p. 1703-1709.
5. **EVANS, D. O., J. M. CASSELMAN ET C. C. WILLOX** (1991). *Effects of exploitation, loss of nursery habitat and stocking on the dynamics and productivity of lake trout populations in Ontario lakes*, Lake Trout Synthesis, Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto, 192 p.
6. **MAGNAN, P., R. PROULX ET M. PLANTE** (2005). « Integrating the effects of fish exploitation and interspecific competition into current life history theories: an example with lacustrine brook trout (Salvelinus fontinalis) populations », *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 62, p. 747-757.
7. **GLAZ, P., P. SIROIS, P. ARCHAMBAULT ET C. NOZAIS** (2014). « Impact of Forest Harvesting on Trophic Structure of Eastern Canadian Boreal Shield Lakes: Insights from Stable Isotope Analyses », *PLOS ONE*, vol. 9, nº 4.
8. **PARADIS-LACOMBE, P.** (2018). *Caractérisation de l'état et de la durabilité des traverses de cours d'eau sur les chemins forestiers, mémoire présenté à l'Université Laval pour l'obtention d'un grade de maîtrise en sciences forestières*, Québec, 76 p. et 8 annexes.

RÉFÉRENCES (SUITE)

9. **LEGAULT, M., J. BENOÎT ET R. BÉRUBÉ** (2004). Impact of new reservoirs, p. 87-109 (chapitre 5), dans J.M. Gunn, R. J. Steedman et R. A. Ryder (ed.), *Boreal Shield Watersheds*, Lewis Publishers.
10. **VANDER ZANDEN, M. J., K. A WILSON, J. M. CASSELMAN AND N. D. YAN** (2004). « Species introductions and their impacts in North American Shield lakes », p. 239-263 (chapitre 13), dans J.M. Gunn, R. J. Steedman et R. A. Ryder (ed.), *Boreal Shield Watersheds*, Lewis Publishers.
11. **MAGNAN, P., P. EAST ET M. LAPOINTE** (1990). *Modes de contrôle des poissons indésirables: revue et analyse critique de la littérature*. Université du Québec à Trois-Rivières, pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec et la Fondation de la faune du Québec. Rapport technique, 198 p.
12. **TREGO, C. T., E. R. MERRIAM ET J. T. PETTY** (2019). « Non-native trout limit native brook trout access to space and thermal refugia in a restored large-river system », *Restoration Ecology*, vol. 27, nº 4, p. 892-900.
13. **ARVISAIS, M., D. NADEAU, M. LEGAULT, H. FOURNIER, F. BOUCHARD ET Y. PARADIS** (2012). *Plan de gestion du doré au Québec 2011-2016*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, 73 p.
14. **ARVISAIS, M., Y. PARADIS ET I. THIBAULT** (2016). *Plan de gestion du doré au Québec 2016-2026*, Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de l'expertise sur la faune aquatique, 12 p.
15. **ARVISAIS, M., H. FOURNIER, D. NADEAU, M. LEGAULT, I. THIBAULT ET E. VALIQUETTE** (2017). *Plan de gestion du touladi au Québec 2014-2020*, Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, Direction de l'expertise sur la faune aquatique, 63 p.
16. **MRNF** (2011). *Inventaire ichtyologique provincial du touladi* (Salvelinus namaycush), Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, Service de la faune aquatique, 33 p.
17. **MRNF** (2011). *Inventaire ichtyologique provincial du doré jaune* (Sander vitreus), Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, Service de la faune aquatique, 28 p.
18. **QUÉBEC.** *Règlement sur les habitats fauniques*, chapitre C-61.1, r. 18.
19. **QUÉBEC.** *Règlement sur l'aquaculture et la vente des poissons*, chapitre C-61.1, r. 7.
20. **QUÉBEC.** *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État*, chapitre A-18.1, r. 0.01.
21. **CREAE** (2014). *Bilan des activités 2010-2014*, Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées, Université du Québec à Chicoutimi, 24 p.
22. **SERVICE DE LA FAUNE AQUATIQUE** (2011). *Guide de normalisation des méthodes d'inventaire ichtyologique en eaux intérieures*, tome I, Acquisition de données, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, 137 p.
23. **LACHANCE, S., M. DUBÉ, R. DOSTIE ET P. BÉRUBÉ** (2008). « Temporal and Spatial Quantification of Fine-Sediment Accumulation Downstream of Culverts in Brook Trout Habitat », *Transactions of the American Fisheries Society*, vol. 137, p. 1826-1838.
24. **PLAMONDON, A. A.** (1993). *Influence des coupes forestières sur le régime d'écoulement de l'eau et sa qualité*, rapport préparé pour le ministère des Forêts, Université Laval, Faculté de foresterie et de géomatique, Centre de recherche en biologie forestière, 179 p.
25. **TORTEROTO, J.-B., C. PERRIER, N.E. BERGERON ET L. BERNATCHEZ** (2014). « Influence of Forest Road Culverts and Waterfalls on the Fine-Scale Distribution of Brook Trout Genetic Diversity in a Boreal Watershed », *Transactions of the American Fisheries Society*, vol. 143, p. 1577-1591.
26. **TURCOTTE, A., N. BOUSQUET ET D. GARANT,** 2017. *Revue de littérature sur les préférences d'habitat des salmonidés et leurs adaptations face aux changements climatiques*, présentée au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Université de Sherbrooke, 92 p.
27. **CANADA**. *Règlement de pêche du Québec* (1990) (DORS/90-214).
28. **QUÉBEC.** Ordonnance générale 2019 modifiant le Règlement de pêche du Québec. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 2019, 671 p.



État trophique des lacs

ÉTAT

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Ne s'applique pas; période de suivi trop courte.

Sur les 464 lacs du RSVL ayant fait l'objet d'un suivi de la qualité de l'eau en 2018 et 2019, 43% présentent peu ou pas de signes d'eutrophisation (ultra-oligotrophe et oligotrophe) (figure 2). Ces lacs peu productifs sont généralement profonds, les eaux y sont claires, bien oxygénées en profondeur et de bonne qualité. On y trouve habituellement peu de plantes aquatiques et les efflorescences de cyanobactéries sont rares[1]. Une autre portion importante des lacs (31%) montre des signes d'eutrophisation légers (oligo-mésotrophe). Les lacs dans cette zone de transition peuvent avoir variablement des caractéristiques oligotrophes ou mésotrophes, sans toutefois avoir des caractéristiques dominantes de l'une ou l'autre de ces classes. Seize pour cent des lacs se situent à un stade d'eutrophisation intermédiaire (mésotrophe) et 8% à un stade intermédiaire avancé (méso-eutrophe). Ces 464 lacs forment un échantillon jugé représentatif des lacs habités du Québec méridional. Plusieurs signes d'eutrophisation peuvent être observés dans ces lacs, tels qu'une plus forte productivité, une diminution de la transparence de l'eau, la présence de fleurs d'eau de cyanobactéries, un déficit en oxygène dissous dans la zone profonde, une plus grande présence de plantes aquatiques et de périphyton dans le littoral et l'accumulation de sédiments. L'habitat des espèces de poissons d'eau froide et bien oxygénée y est compromis ou absent. La morphologie de ces lacs est variable, mais il est fréquent que leur profondeur moyenne soit plus petite. Seulement 2% des lacs sont à un stade avancé d'eutrophisation (eutrophe et hyper-eutrophe).

DESCRIPTION

Le suivi de la qualité de l'eau dans le Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL) permet de déterminer le niveau trophique des lacs sur la base de descripteurs de l'enrichissement en phosphore et de la productivité dans la masse d'eau. Les activités de suivi complémentaire du RSVL, telles que le suivi du périphyton (*encart: Suivi du périphyton*) et des plantes aquatiques, ainsi que la réalisation de profils physicochimiques, effectuées dans les zones littorale et profonde d'un nombre limité de lacs visent à enrichir l'évaluation (*encart: Contamination des lacs par les chlorures*) (*encart: Cations majeurs dans les lacs*). Ainsi, le portrait qui en découle est juste, mais peut être partiellement représentatif de l'eutrophisation pour certains lacs. Le niveau trophique ne permet pas de départager la contribution des activités humaines des facteurs naturels dans le processus d'eutrophisation des lacs, comme il n'est pas une indication du degré de dégradation des lacs par rapport à leur état naturel. L'indicateur représente principalement la distribution des lacs dans les différents niveaux trophiques et permet uniquement d'évaluer globalement comment ils se situent sur l'échelle d'eutrophisation. Ainsi, un lac classé intermédiaire-bon peut, par exemple, être relativement affecté par les activités humaines alors que la situation d'un lac eutrophe classé mauvais peut être essentiellement le résultat des facteurs naturels. Le suivi à long terme des descripteurs d'eutrophisation devrait permettre de statuer sur l'évolution de l'état trophique des lacs et le rôle des activités humaines sur leur condition.

Rédigée par: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Ces derniers sont habituellement des milieux peu profonds, présentant une eau chaude et trouble avec une très faible transparence. Ces lacs peuvent être dominés par les plantes aquatiques ou par une très forte abondance d'algues en suspension, incluant les cyanobactéries[1]. Ces résultats reflètent le degré d'eutrophisation dans la masse d'eau principale des lacs. Il se pourrait que, dans certains lacs, les conditions observées dans la masse principale d'eau soient différentes de celles qui existent dans la zone littorale à proximité des rives. L'évaluation complète du niveau trophique doit donc tenir compte de l'importance de la végétation dans les zones littorales, notamment le périphyton[2] qui est considéré comme un bon indicateur de l'enrichissement des lacs par les activités humaines[3,4] (*encart: Suivi du périphyton*).

TENDANCE

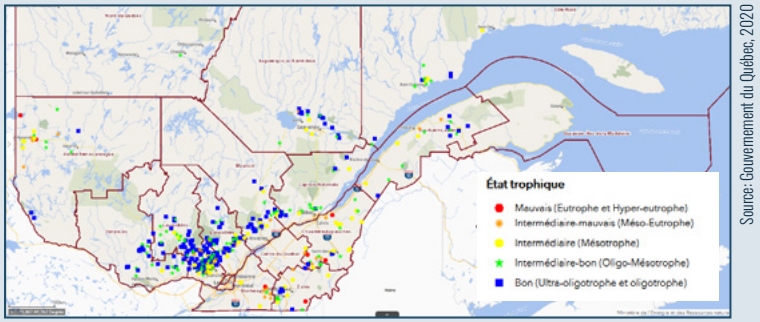
Deux aspects peuvent être pris en considération dans l'évaluation de l'évolution du niveau trophique des lacs. Le premier est de déterminer si le niveau trophique a évolué au cours d'une période donnée. Puisque les données présentées couvrent les années 2018 et 2019, il n'est pas possible de préciser dans la présente analyse s'il y a une tendance à cet égard. Le deuxième aspect est de prendre en compte l'état des lacs par rapport à leur état de référence naturel avant la présence humaine. Il n'est pas possible actuellement d'établir l'état de référence sur un nombre significatif de lacs.

Par ailleurs, le ministère a amorcé en 2018 la mise en place d'un réseau de suivi intensif plus complet sur un nombre limité de lacs représentatifs de la portion habitée du Québec méridional les plus susceptibles d'être affectés par l'occupation humaine. Un des objectifs de ce réseau est de permettre de suivre un ensemble de lacs références, dans une perspective à long terme, afin d'augmenter la capacité d'interpréter l'évolution des lacs en lien avec l'aménagement de l'occupation du territoire et des pratiques ainsi qu'avec les changements climatiques.

PRESSIONS

Le niveau trophique des lacs reflète dans une bonne mesure la variabilité du processus d'eutrophisation naturelle des lacs. En effet, la morphologie des lacs (profondeur, volume, forme et importance du littoral) par rapport à la taille du bassin versant joue un rôle fondamental. Par exemple, les lacs peu profonds avec un faible volume vont évoluer plus rapidement vers un stade eutrophe que les lacs profonds et de grande étendue. L'utilisation du territoire est également reconnue comme ayant une influence déterminante sur la qualité et la quantité d'eau qui parvient à un lac[5,6]. Les activités humaines dans les bassins versants des lacs ont pour

Figure 1 Répartition et localisation des lacs en fonction de leur état trophique

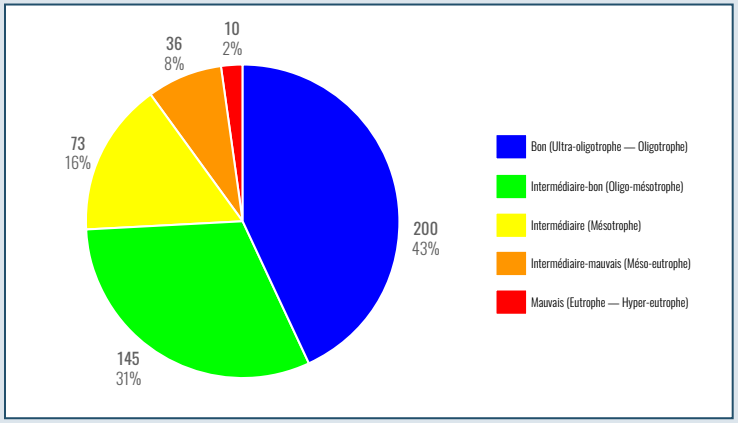


Source: Gouvernement du Québec, 2020

La carte illustre la répartition des lacs selon leur état trophique respectif établi par la mesure de la qualité de l'eau en 2018 et 2019 selon la méthode utilisée depuis 2005.

Les lacs pour lesquels l'état trophique a été établi sont situés surtout dans la portion sud du Bouclier canadien, correspondant aux régions administratives des Laurentides, de Lanaudière et de l'Outaouais, avec une bonne proportion dans les zones de gestion intégrée de l'eau du Nord (18%), Rouge–Petite Nation (15%) et de L'Assomption (13%).

Figure 2 État trophique des lacs du Québec



La figure présente le niveau trophique des lacs, ou leur degré d'enrichissement et de productivité, établi en 2018 et 2019. Il y a une prépondérance de lacs montrant peu ou pas de signes d'eutrophisation (43%) et un petit nombre de lacs ayant un degré d'eutrophisation avancé (2%). Il y a une forte proportion de lacs présentant un niveau d'eutrophisation intermédiaire (55%, intermédiaire-bon à intermédiaire-mauvais), dont un grand nombre dans la classe intermédiaire-bon. La distribution des lacs dans les différents niveaux trophiques montre donc globalement une situation intermédiaire-bon, avec un penchant vers l'état bon.

Les valeurs représentent le nombre de lacs ainsi que la proportion de chacun de ceux-ci. L'exercice se limite à ces deux années en raison de la révision en cours des données de phosphore total dans les lacs pour les années antérieures.

effet d'augmenter les apports de sédiments et de nutriments[5,6], dont le phosphore qui est l'élément limitant l'eutrophisation. Ces apports peuvent conduire à une accélération de l'eutrophisation des lacs, à l'altération de la qualité de leurs eaux et à la transformation des écosystèmes. Les lacs dont les bassins versants sont fortement urbanisés ou utilisés pour l'agriculture vont voir le processus d'eutrophisation s'accélérer en fonction de l'importance des pratiques en place et de la sensibilité intrinsèque des lacs[6]. Il n'est pas possible de déterminer, pour la grande majorité des lacs, dans quelle proportion leur niveau d'eutrophisation résulte des caractéristiques naturelles ou des activités humaines. Les principales sources de nutriments sont les eaux usées provenant des réseaux d'égout, de résidences et de bâtiments isolés, ainsi que l'utilisation de fertilisants à des fins agricoles et domestiques[5,6]. Le déboisement, l'imperméabilisation des surfaces, la construction d'infrastructures et le drainage ont pour effet de réduire la rétention et de favoriser le transport des nutriments et des sédiments vers les lacs[5,6]. Dans les deux cas, les pratiques associées à chacune des activités humaines et les mesures de contrôle et d'aménagement peuvent soit augmenter, soit réduire les apports de nutriments. L'eutrophisation est donc un phénomène multifactoriel qui est variable sur le territoire et dont l'importance dépend des activités présentes, des pratiques en place et des caractéristiques des lacs et de leur bassin versant. Dans le cas de l'eutrophisation des écosystèmes d'eau douce, la stratégie de contrôle et de réduction des nutriments est basée sur le phosphore puisque celui-ci est l'élément limitant de la production primaire[5].

Il n'est pas possible de déterminer, pour l'ensemble des lacs habités du Québec, l'importance de chaque facteur dans ce processus. Selon les connaissances disponibles, pour les lacs situés dans la province naturelle des Appalaches, ainsi que certains secteurs plus développés des provinces couvrant les Laurentides, l'augmentation des apports en nutriments est liée surtout à l'agriculture de modérément à peu intensive, à l'urbanisation de moyenne et faible densité, incluant la villégiature, ainsi qu'au le réseau de transport[7]. Ces facteurs sont aussi présents dans les basses-terres de l'Abitibi. Toutefois, dans ce secteur, plusieurs lacs montrent des teneurs naturelles élevées en phosphore en raison de la présence de dépôts argileux importants[7]. Dans tous les lacs dont le bassin versant est à vocation de villégiature et de foresterie, les principaux facteurs d'eutrophisation anthropique sont associés au développement de la villégiature, aux milieux ouverts (ex.: terrains vagues, parties déboisées des terrains habités, stationnements, espaces publics, etc.), au réseau routier et à la voirie forestière[7]. La coupe forestière comme telle peut être un vecteur d'eutrophisation, mais son effet est généralement d'amplitude modérée à faible et de relativement courte durée[7]. Dans les basses-terres du Saint-Laurent, l'agriculture plus intensive, une plus forte urbanisation et un réseau d'infrastructure plus développé font en sorte que les lacs de ce secteur peuvent recevoir des quantités relativement grandes de nutriments[7].

FORCES

- Urbanisation[2,3,5]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[5]
- Infrastructures de transport[5]
- Activités industrielles[5]
- Activités forestières[5,8]
- Activités agricoles[5]
- Gestion des barrages[8]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[5]
- Prélèvements d'eau[5]

IMPACTS

- Dommages aux infrastructures humaines et coûts liés (routes, bâtiments, etc.)[6,16]
- Problèmes de santé à la suite de la consommation de faune ou flore aquatique[6,16]
- Perte ou limitation d'activités commerciales de villégiature[6,16]
- Problèmes d'alimentation en eau potable[6,16]
- Contamination de l'eau potable utilisée et problèmes de santé en découlant[6,16]
- Stress imposé aux citoyens[6]
- Limitation des usages récréatifs (baignade, pêche, etc.)[6,16]
- Perte de services écologiques d'approvisionnement[6,16]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels[6]
- Altération des facteurs esthétiques de l'eau (odeur, couleur, texture)[6]
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[6,16]
- Perte nette d'habitats floristiques[6,16]
- Perte nette d'habitats fauniques[6,16]
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques[6,16]
- Transformation des caractéristiques du lac[6,16]
- Développement de fleur d'eau d'algues bleu-vert[6,16]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

On s'attend à ce que les changements climatiques aient des répercussions multiples sur la qualité de l'eau dans les lacs[8]. L'élévation des températures atmosphériques pourrait provoquer le réchauffement des eaux de surface, un raccourcissement de la durée de la couverture glacielle[9] et, dans certains cas, un abaissement des niveaux d'eau en raison d'une évaporation accrue. Ces changements pourraient contribuer à réduire les concentrations d'oxygène dissous, à accentuer la turbidité de l'eau, à accroître les concentrations de polluants et de nutriments et à favoriser la prolifération des algues, des macrophytes, des bactéries et autres microorganismes[10]. De plus, nombre d'études indiquent que les facteurs climatiques sont des déterminants d'un large éventail de processus biogéochimiques à l'échelle des bassins versants. La hausse des températures des eaux de surface pourrait aussi avoir pour effet de hâter la stratification saisonnière, d'allonger la période de stratification estivale et de modifier le volume des zones thermiques. Une stratification thermique accrue et une diminution de l'oxygène dissous dans la zone profonde risquent d'entraîner une diminution du volume des habitats propices à certains poissons, comme les salmonidés. La plupart des espèces aquatiques ont besoin d'un ensemble précis de conditions pour croître, se reproduire et survivre[10]. Les transformations apportées par les changements climatiques risquent donc de faire modifier l'aire de répartition actuelle de certaines espèces[10]. La prolifération des algues bleu-vert est un changement biologique typique d'un lac en voie d'eutrophisation[10]. Avec les changements climatiques, on peut s'attendre à un accroissement du nombre et de l'ampleur des efflorescences de cyanobactéries dans les lacs, ce qui pourrait affecter grandement les lacs en agissant sur leurs caractéristiques, la qualité et l'aspect de l'eau[10,13].

Des changements dans l'hydrologie sont également prévisibles en raison de l'augmentation des épisodes climatiques extrêmes (pluies intenses plus fréquentes, sécheresses, etc.) et de la baisse au niveau du bilan hydrique annuel ou saisonnier. Ces changements pourraient avoir des conséquences sur la quantité d'eau[8]. Des pluies fréquentes et plus intenses pourraient contribuer à la détérioration de la qualité de l'eau en augmentant les épisodes de surverses des réseaux d'égout municipaux, le ruissellement de surface, l'érosion, donc l'apport de nutriments dans les lacs[10,13]. Les dangers de crue soudaine ou d'étiage sévère seront exacerbés dans les zones agricoles et fortement déboisées. En réduisant la disponibilité des ressources en eau pour certaines périodes et en modifiant le régime hydrologique, les changements climatiques pourraient avoir pour effet d'augmenter les contraintes sur la gestion de l'eau[10,13]. Les lacs fournissent une vaste gamme de services écologiques, dont dépend en grande partie

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[8,10,13]
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[8,10,13]
- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)[8,10,13]
- Diminution de la couverture de glace (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)[9,10]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[8,10,13]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[8,10,13]
- Incendies de forêt plus importants (ex.: durée de saison, superficie et nombre de grands incendies)[8,10,13]
- Augmentation du niveau de la mer[8,10,13]

le bien-être de la population[13]. Les écarts entre l'offre et la demande pourraient se multiplier[13], ce qui risque d'accentuer les conflits d'usages entre les diverses utilisations de l'eau: alimentation en eau potable, irrigation et arrosage des terres, production d'hydroélectricité, processus industriels et miniers, navigation, usages domestiques, activités récréotouristiques, préservation de l'intégrité des écosystèmes aquatiques[13]. Cela pourrait réduire la capacité des écosystèmes aquatiques à rendre les services écologiques dont la société dépend, ce qui pourrait avoir des répercussions sur les activités socioéconomiques et les usages que l'on peut en faire[13].

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r. 35)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (chapitre C-6.2) (Loi sur l'eau)
- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)
- *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (LAU) (RLRQ, c. A-19.1)
- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH)
- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)
  - *Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (REFMVH) (RLRQ, c. E-12.01, r. 2)
  - *Règlement sur les espèces floristiques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (RLRQ, c. E-12.01, r. 3)
- *Loi sur les mines* (RLRQ, c. M-13.1)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)
  - *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* (R.Q. c. Q-2, r. 22)
  - *Règlement sur les exploitations agricoles* (R.Q c. Q-2, r. 26) (REA), 2002
  - *Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées* (R.Q. c. Q-2, r. 34.1)
  - *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (R.Q c. Q-2, r. 35.2)
  - *Règlement sur la protection des eaux contre les rejets des embarcations de plaisance* (R.Q. c. Q-2, r. 36)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF)
- Plan d'intervention sur les algues bleu-vert 2007-2017
- Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES)
- Programme d'assainissement des eaux du Québec, 1978
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)
- Stratégie québécoise de l'eau, 2018-2030

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de campagnes d'échantillonnage ponctuelles
- Financement de la production et mise en œuvre des Plans directeurs de l'eau
- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert

AUTRES

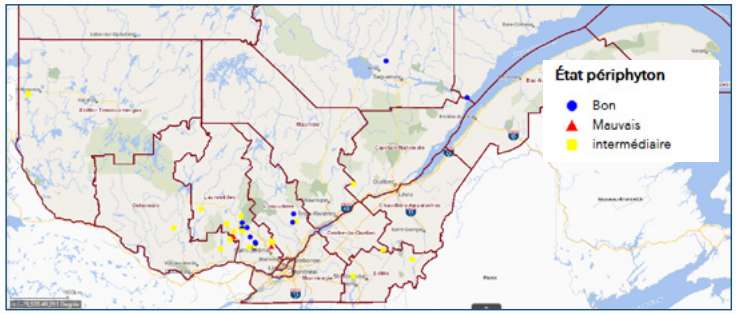
- Rapports et publications de sensibilisation
- Réseaux de suivi

ENCART

SUIVI DU PÉRIPHYTON

Depuis 2011, des suivis de périphyton ont été réalisés sur 85 lacs (figure 3), pendant au moins deux années dans 65% (55) des cas, dont la majorité en continu (90%, 49). Sur 25% des lacs (21), le suivi a été interrompu après une seule saison de suivi, alors que 11% des lacs (9) en étaient à la première année de suivi en 2019. Parmi les 55 lacs ayant fait l'objet de suivis pendant au moins deux années, 9% (5) ont 4 mm de plus de périphyton, ce qui représente un signe évident de dégradation[4] (figure 4). En contrepartie, 33% des lacs (18) ont en moyenne 2 mm ou moins de périphyton. Dans les autres lacs (58%, 32), la couche de périphyton se situe entre 2 et 4 mm, ce qui serait le signe d'une dégradation possible.

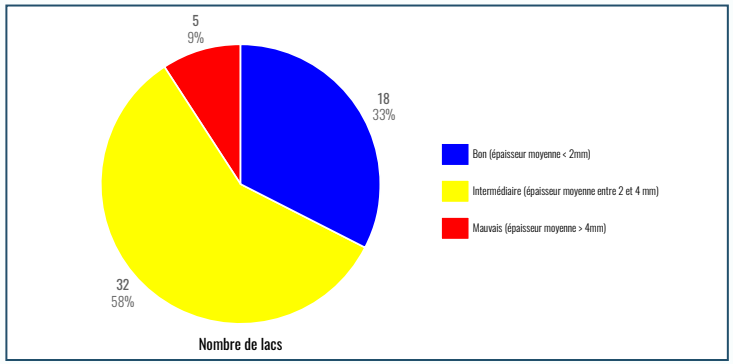
Figure 3 Répartition et localisation des lacs en fonction de l'épaisseur moyenne de périphyton



Source: Gouvernement du Québec, 2020

La carte illustre la répartition des lacs en fonction de l'épaisseur moyenne de périphyton établi par le suivi de 2011 à 2019. La majorité des lacs où des suivis de périphyton ont été réalisés sont situés des Laurentides (74%).

Figure 4 État des lacs établi par le suivi du périphyton



La figure illustre l'épaisseur moyenne de périphyton pour l'ensemble des lacs ayant effectué au moins deux années de suivis entre 2011 et 2019. Les valeurs représentent le nombre de lacs ainsi que la proportion de chacun de ceux-ci. Il y a une forte prépondérance de lacs ayant une épaisseur moyenne de 2 à 4 mm (58%) et moins de lacs ayant une épaisseur de 4 mm et plus (9%).

ENCART

CONTAMINATION DES LACS PAR LES CHLORURES

Le Québec est sillonné de routes sur lesquelles des sels de voirie sont appliqués comme agents de désintégration et de fonte de la glace ou comme abat-poussière. Les principaux sels épandus sont le chlorure de sodium, le sel le plus utilisé comme fondant chimique, le chlorure de calcium, le chlorure de magnésium et le chlorure de potassium[14]. Environ 1 550 000 tonnes ont été épandues sur les routes du Québec en 1997-1998. Leur impact sur la qualité du milieu aquatique suscite une inquiétude grandissante puisqu'une grande partie de ces sels se retrouve dans les cours d'eau et les lacs, par ruissellement direct dans les eaux de surface ou par infiltration dans le sol et les eaux souterraines[15]. Un projet d'acquisition de connaissances réalisé dans le cadre de la Stratégie québécoise sur l'eau a été amorcé sur 396 lacs du RSVL en 2019 et vise à documenter la contamination des lacs par les chlorures.

ENCART

CATIONS MAJEURS DANS LES LACS

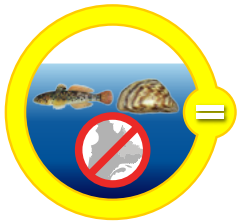
Les cations majeurs – sodium, calcium, potassium, magnésium – jouent un rôle important dans les caractéristiques physicochimiques et biologiques de l'eau des lacs. Le climat, les dépôts acides et l'ensemble des caractéristiques des bassins versants (géologie, occupation du territoire, densité du réseau routier, coupe forestière) sont parmi les facteurs qui peuvent influencer les concentrations de cations dans les lacs. On observe notamment une diminution des concentrations de calcium dans plusieurs lacs d'Amérique du Nord[11,12]. Cette baisse peut amener des modifications de l'abondance relative des espèces qui ont des exigences élevées en calcium, ce qui pourrait induire des changements importants dans la chaîne trophique. Un petit cladocère (*Holopedium glacialis*) peut alors être favorisé, ce qui peut avoir une incidence sur un phénomène appelé gélification des lacs[11,12]. Les données disponibles au Québec remontent aux années 1970 et 1980. Un projet visant à obtenir un portrait récent de la situation a débuté en 2016. Jusqu'ici, ces ions ont été analysés dans l'eau de plus de 450 lacs du RSVL. L'objectif est de les documenter dans tous les lacs du RSVL d'ici 2022.

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Rivières et lacs
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/riv-lac.htm
- Lacs
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/lacs.htm
- Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL)
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/index.htm
- Le Réseau de surveillance volontaire des lacs: les méthodes
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/methodes.htm
- Élargir ses connaissances
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/elargir-connaissances.htm#Phosphore_Surplus

RÉFÉRENCES

1. **SIMONEAU, M., L. ROY ET M. OUELLET** (2004). « *Info-lacs – Résultats de l'année 2003* ». Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, envirodoq nº ENV/2004/0374, rapport nº QE/152, 14 p., [En ligne], http://belsp.uqtr.ca/id/eprint/1379/1/Simoneau_2004_Info-lacs.pdf.
2. **ROSENBERGER, ELIZABETH E., STÉPHANIE E. HAMPTON, STEVEN C. FRADKIN ET BRIAN P. KENNEDY** (2008). « Effects of shoreline development on the nearshore environment in large deep oligotrophic lakes ». *Freshwater Biology*, vol. 53, nº 8, p. 1673-1691.
3. **LAMBERT, DANIEL, ET ANTONELLA CATTANEO** (2008). « Monitoring periphyton in lakes experiencing shoreline development ». *Lake and Reservoir Management*, vol. 24, nº 2, p. 190-195.
4. **LAMBERT, DANIEL, ANTONELLA CATTANEO ET RICHARD CARIGNAN** (2008). « Periphyton as an early indicator of perturbation in recreational lakes ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 65, nº 2, p. 258-265.
5. **ANDERSON, CAROLINE, NATHALIE LAFONTAINE, PAUL MEUNIER ET STEVE TURGEON** (2007). *Prendre mon lac en main: guide d'élaboration d'un plan directeur de bassin versant de lac et adoption de bonnes pratiques*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, 130 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/cyanobacteries/guide_elaboration.pdf.
6. **PINAY, GILLES, CHANTAL GASCUEL, ALAIN MÉNESGUEN, YVES SOUCHON, MORGANE LE MOAL, ALIX LEVAIN, FLORENTINA MOATAR, ALEXANDRINE PANNARD ET PHILIPPE SOUCHU** (2017). *L'eutrophisation: manifestations, causes, conséquences et prédictibilité*. Synthèse de l'expertise scientifique collective CNRS – Ifremer – INRA – Irstea, France, 148 p., [En ligne], https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-29706-Esco-eutrophisation-synthese.pdf.
7. **ROY, LOUIS** (2019). Communication personnelle, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement.
8. **BUSH, ELIZABETH, ET DONALD S. LEMMEN** (dir.) (2019). *Rapport sur le climat changeant du Canada*, Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 446 p., [En ligne], https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/Climate-change/pdf/RCCC_FULLREPORT-FR-FINAL.pdf.
9. **BROWN, LAURA C., ET CLAUDE R. DUGUAY** (2010). « The response and role of ice cover in lake-climate interactions ». *Progress in Physical Geography*, vol. 34, nº 5, p. 671-704.
10. **WARREN, FIONA J., ELAINE BARROW, RYAN SCHWARTZ, JEAN ANDREY, BRIAN MILLS ET DIETER RIEDEL** (2004). *Impacts et adaptation liés aux changements climatiques: perspective canadienne*, Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 219 p., [En ligne], https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/perspective/pdf/report_f.pdf.
11. **JEZIORSKI, ADAM, ANDREW J. TANENTZAP, NORMAN D. YAN, ANDREW M. PATERSON, MICHELLE E. PALMER, JENNIFER B. KOROSI, JAMES A. RUSAK, MICHAEL T. ARTS, WENDEL (BILL) KELLER, RON INGRAM, ALLEGRA CAIRNS ET JOHN P. SMOL** (2015). « The jellification of north temperate lakes ». *Proc. R. Soc. B*, vol. 282, nº 1798, p. 2014-2449.
12. **SMOL, J.P.** (2019). « Under the radar: long-term perspectives on ecological changes in lakes ». *Proc. R. Soc. B*. vol. 286, nº 1906, p. 1-10.
13. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS** (2012). *Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020*, Québec, 52 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan_action/stategie-adaptation2013-2020.pdf.
14. **ROBITAILLE, JEAN-PHILIPPE,** 27 novembre 2019. Communication personnelle, Québec, ministère des Transports.
15. **ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA** (ECCC) (14 août 2018). « Les sels de voiries: foire aux questions – Évaluation scientifique », dans le site du ministère de l'Environnement et Changement climatique du gouvernement du Canada, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/polluants/sels-voirie/foire-questions.html (page consultée le 26 novembre 2019).
16. **CHISLOCK, MICHAEL F., ENRIQUE DOSTER, RACHEL A. ZITOMER ET ALAN E. WILSON** (2013). « Eutrophication: Causes, consequences, and controls in aquatic ecosystems ». *Nature Education Knowledge*, vol. 4, nº 4, p. 1 à 8.



Indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

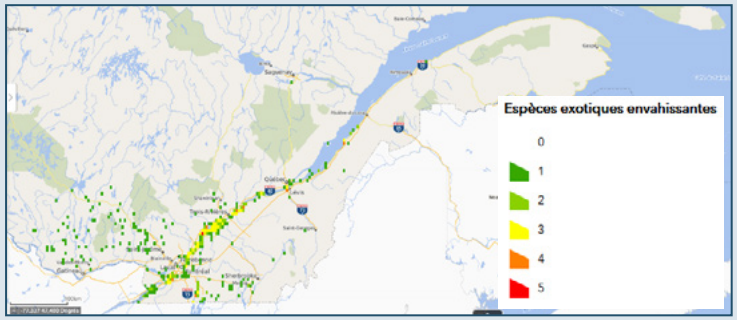
L'histoire de l'introduction d'espèces aquatiques envahissantes (EAE) au Québec remonte à plus d'un siècle. La première introduction documentée est celle de la carpe commune (*Cyprinus carpio*), qui fut probablement introduite de manière volontaire et accidentelle dans les années 1910 aux États-Unis, dans les eaux du Saint-Laurent et quelques-uns de ces tributaires[1]. Le nombre d'EAE s'est ensuite maintenu sur une période relativement longue, où peu d'espèces exotiques ont été introduites ou ont proliféré dans les eaux québécoises. Au tournant du dernier siècle, une augmentation de la colonisation d'EAE à l'échelle mondiale a été observée[2,5].

Depuis 1985, le Québec a suivi cette tendance avec une accumulation croissante d'EAE présentes sur son territoire (figure 2B, panneau de droite). Les périodes 1985-1995 et 2015-2020 sont caractérisées par la confirmation de nouvelles espèces d'EAE dans les eaux québécoises. Ces périodes correspondent, entre autres, à la détection des moules zébrées et quagga (*Dreissena polymorpha* et *D. bugensis*, 1989 et 1992), de la tanche (*Tinca tinca*, 1991), du gardon rouge (*Scardinius erythrophthalmus*, 1990) et du gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*, 1997). La deuxième vague d'introduction a été marquée par l'arrivée du cladocère épineux (*Bythotrephes longimanus*, 2014), de la carpe de roseau (*Ctenopharyngodon idella*, 2016) et de la puce d'eau en hameçon (*Cercopagis pengoi*, 2019). Par contre, l'indice d'introduction montre aussi que l'arrivée de nouvelles EAE a été faible ou très faible lors de certaines périodes (1995-2005, 2010-2015). La tendance de l'indicateur est donc au maintien; de nouvelles apparitions d'EAE surviennent encore, mais la situation est similaire à celle des périodes précédentes.

DESCRIPTION

L'indice quinquennal d'introduction est une mesure globale (à l'échelle du Québec) de l'introduction d'espèces aquatiques envahissantes (animales) et de la pression cumulative qu'elles imposent. Cet indicateur se veut une mesure intégrative de la pression d'introduction et d'établissement des espèces aquatiques envahissantes (EAE) dans les habitats aquatiques du Québec. Il est calculé à partir des données de détection et des suivis de la faune aquatique pratiqués dans le fleuve Saint-Laurent et les eaux intérieures du Québec et se base sur le nombre d'EAE présentes au Québec depuis 1985. Ces données sont compilées et archivées par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

Figure 1 Répartition des occurrences d'EAE au Québec entre 1985 et 2018



Source: Gouvernement du Québec, 2020

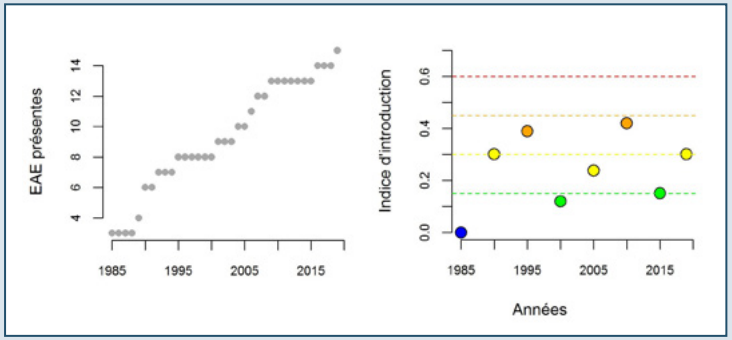
Carte de la répartition des occurrences d'espèces aquatiques envahissantes sur le territoire du Québec entre 1985 et 2018. Les couleurs représentent le nombre d'espèces aquatiques envahissantes détectées par grille de 5 km^2.

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune aquatique**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Il est cependant à noter que certaines espèces aquatiques envahissantes ont été observées au Québec pendant quelques années avant de disparaître complètement. C'est le cas de la petite corbeille d'Asie (*Corbicula fluminea*), dont des spécimens ont été détectés dans la zone du panache d'eau chaude causé par le rejet des eaux de refroidissement du cœur nucléaire de la centrale Gentilly-2, aux abords du fleuve Saint-Laurent[3]. Ces conditions étaient vraisemblablement favorables à ce bivalve subtropical, dont certains auteurs suggèrent une mortalité complète en dessous de 2 °C[4]. Depuis la fermeture de la centrale en décembre 2012, le différentiel de température s'est estompé et les suivis subséquents n'ont mené à aucune détection de l'espèce. Cette disparition et d'autres ont cependant été masquées, lors du calcul de l'indice, par l'arrivée subséquente de nouvelles EAE.

L'allure de la courbe d'invasion (figure 2A, panneau de gauche) montre une tendance linéaire à l'augmentation d'espèces aquatiques envahissantes dans les eaux du Saint-Laurent, sans indice de diminution du rythme de l'envahissement. Cette courbe est conséquente aux conclusions récentes que la vision « du pire est derrière nous » n'est pas valable pour le bassin des Grands Lacs[2,5]. Le suivi de l'évolution de l'indice pourra éventuellement donner une appréciation critique des actions de prévention entreprises contre les futures introductions d'EAE. En effet, il est permis de croire que certaines mesures mises en place dans les dernières années au Québec (ex.: interdiction de l'utilisation de poissons-appâts vivants, sensibilisation à l'importance du nettoyage des embarcations), en plus de l'effort collectif entrepris par les États et provinces du bassin des Grands Lacs (ex.: Great Lake Restoration Initiative) pourraient avoir un effet atténuateur sur le rythme d'invasion.

Figure 2 (A) Évolution du nombre d'EAE présentes et (B) Indice quinquennal d'introduction des EAE depuis 1985



Évolution annuelle du nombre d'espèces aquatiques envahissantes présentes dans les eaux québécoises depuis 1985 (A panneau de droite) et calcul de l'indice quinquennal d'introduction des espèces aquatiques envahissantes pour la même période (B panneau de gauche). La couleur des points représente l'état de l'indice à chaque période (bleu = bon, vert = intermédiaire-bon, jaune = intermédiaire, orange = intermédiaire-mauvais ou rouge = mauvais).

PRESSIONS

L'introduction d'espèces aquatiques envahissantes est fortement liée aux activités humaines, à toutes échelles, du commerce international jusqu'au relâchement d'animaux domestiques par un citoyen dans un étang de son quartier. À grande échelle spatiale, les déplacements internationaux ont grandement favorisé le transport d'espèces aquatiques exotiques, de manière délibérée ou non, dont certaines se sont révélées envahissantes. Dans les dernières décennies, la mondialisation de la société a été un accélérateur de l'introduction et cause un monde où de nombreuses grandes barrières biogéographiques ne sont plus un obstacle à la dispersion des espèces[9]. Ainsi, l'augmentation du trafic maritime[5] et du nombre

FORCES

- Urbanisation
- Pêche récréative ou de subsistance[8]
- Infrastructures de transport[5,6]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[8]
- Navigation commerciale sur le Saint-Laurent[5,6]
- Aquariophilie et jardins d'eau[7]

d'ouvrages d'aide à la navigation qui l'accompagnent[5,9] modifie grandement le potentiel de prolifération des espèces exotiques.

De manière plus régionale, le fleuve Saint-Laurent est une des plus importantes portes d'entré de la navigation commerciale vers le bassin des Grands Lacs, qui constitue le cœur commercial de l'est de l'Amérique du Nord. La construction de la voie maritime et de son système d'écluses permet aux navires internationaux d'entrer profondément dans le continent, jusqu'aux grands ports en eaux douces situés au pourtour des Grands Lacs. Ces ouvrages ont créé de nombreuses occasions d'établissement pour les EAE. De fait, de nombreux envahisseurs ont généralement été détectés à proximité de ces ports, avant d'être observés dans le Saint-Laurent. Leur introduction est vraisemblablement due aux transports par les eaux de ballasts. Leur établissement fut facilité par les nombreuses similitudes avec les conditions environnementales présentes dans leur aire d'origine. Pour cause, plusieurs EAE établies dans le bassin des Grands Lacs et du Saint-Laurent sont des espèces originaires de la région ponto-capsienne (mers Caspienne, Azov et Noire), notamment le gardon rouge, le gobie à taches noires, la moule zébrée ou le cladocère épineux.

Une fois qu'une EAE est installée dans le corridor fluvial, des introductions secondaires peuvent survenir grâce à la connectivité naturelle des plans d'eau avec le fleuve. Également, des activités humaines telles que le commerce d'animaux vivants, la navigation de plaisance, le tourisme, le commerce de poissons-appâts vivants ou les introductions illégales peuvent être des vecteurs d'introduction et de dispersion[7,8]. L'augmentation de la fréquentation des plans d'eau par des plaisanciers et l'omission de pratiquer un nettoyage approprié des embarcations ou des équipements de loisirs (ex.: pêche sportive, kayak, plongée) sont une combinaison de facteurs menant fréquemment à de nouvelles introductions. C'est le cas pour des espèces comme le cladocère épineux et la moule zébrée, dont les activités de plaisance sont les principaux vecteurs d'introduction secondaire.

Finalement, des vecteurs d'introduction d'EAE sont liés à des actes en apparence banals. Par exemple, le relâchement des poissons-appâts vivants pour des motifs de compassion ou encore comme motivation à fournir des proies aux prédateurs ciblés par la pêche sportive est un vecteur reconnu d'introduction, leur utilisation est maintenant interdite au Québec. L'accès facilité à l'acquisition d'espèces exotiques pour la garde en captivité[10] contribue également à la prolifération d'espèces exotiques. Par accident ou volontairement, certains spécimens sont relâchés dans un milieu naturel et prolifèrent si les conditions environnementales le permettent.

IMPACTS

- Dommages aux infrastructures humaines et coûts liés (routes, bâtiments, etc.)[11]
- Perte ou limitation d'activité commerciale de villégiature[11,12]
- Limitation du potentiel économique qu'offre la navigation dans le fleuve Saint-Laurent[11]
- Pertes de services écologiques culturels[13]
- Problèmes d'alimentation en eau potable[11,12,13]
- Contamination de l'eau potable utilisée et problèmes de santé en découlant (risques associés à la mortalité de masse)[11,12,13]
- Sécurité immédiate des citoyens (inondation, érosion ou glissement de terrain)[11,12,13]
- Stress imposé aux citoyens[11,12,13]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche etc.)[11]
- Perte ou limitation de la pêche commerciale[11]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[13]
- Perte nette d'habitats floristiques[13]
- Perte nette d'habitats fauniques[13]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[14,15]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[14,15,16,17]
- Incendies de forêt plus importants (ex.: durée de saison, superficie et nombre de grands incendies)
- Augmentation du niveau de la mer
- Changements potentiels pour l'invasion des EAE – Général[14,15]
- Changements potentiels pour l'invasion des EAE – Nord[16]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les effets potentiels des changements climatiques sur la capacité des EAE à se disperser et, par la suite, sur leur chance de survie dans un nouvel environnement sont variés. Ils sont difficilement quantifiables en raison des nombreuses interactions possibles entre les variables concernées. Au Québec, il est hautement probable que les changements climatiques causent, entre autres, une hausse des températures de l'eau, une diminution du couvert de glace, une altération des modèles de précipitations et de l'écoulement de l'eau, et des déplacements du front salin (dans le fleuve Saint-Laurent ou les estuaires des grands tributaires qui se jettent dans les eaux salées).

Tous ces changements peuvent favoriser les EAE au détriment des espèces indigènes en causant la disparition des contraintes de dispersion ou de survie reliées aux températures froides (limites associées aux latitudes nordiques ou à l'élévation) ou d'autres conditions environnementales défavorables. De plus, la création de nouvelles voies de dispersion lors de périodes d'inondation peut survenir à la suite de changement dans le modèle des précipitations (la période dans l'année ou les volumes d'eau impliqués) ou de l'écoulement[14, 15]. De nombreuses espèces envahissantes ont des traits qui les favorisent dans des environnements changeants (ex.: tolérances environnementales plus étendues, croissance plus rapide ou potentielle pour la dispersion sur de longues distances), ce qui n'est pas toujours vrai chez les espèces indigènes[14]. En conséquence, les changements climatiques pourraient augmenter l'avantage compétitif ou la prédation des EAE sur les espèces indigènes dans un environnement changeant, ainsi que la propagation et la virulence de certaines maladies ou certains virus portés et introduits par les EAE[15].

Au niveau du Québec méridional, où bon nombre d'EAE sont déjà présentes, les changements climatiques risquent d'amplifier leur potentiel d'établissement tout en favorisant de nouvelles arrivées à mesure que les températures augmenteront[16]. Par contre, la dynamique est légèrement différente pour l'Arctique où relativement peu d'EAE sont présentes actuellement. En effet, la hausse prévue des températures associées aux changements climatiques causera un allongement de la saison de la navigation commerciale et une augmentation du nombre de voyages. La création de nouvelles routes arctiques qui passeront par le nord de la province est envisageable. Ainsi, un accroissement des risques de transport des propagules d'EAE dans de nouveaux environnements nordiques est probable par l'augmentation des activités qui sont

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur l'aquaculture commerciale* (RLRQ, c. A-20.2)
  - *Règlement sur l'aquaculture commerciale* (RLRQ, c. A-20.2, r. 1)
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur l'aquaculture et la vente des poissons* (RLRQ, c. C-61.1, r. 7)
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de campagnes d'échantillonnage ponctuelles
- Financement de la réalisation des Plans de gestion intégrée régionale
- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)

AUTRES

- Campagnes d'éradication d'espèces exotiques envahissantes
- Campagne de sensibilisation
- Imposition de mesures d'exploitation restrictives et de quotas
- Rapports et publications de sensibilisation
- Recherche gouvernementale
- Réseaux de suivi

une conséquence directe des changements climatiques. Par exemple, une projection pour huit espèces présentant un risque élevé d'établissement dans l'Arctique canadien en fonction des voies de dispersion et des régions donneuses, des caractéristiques biologiques et des antécédents d'invasion montre qu'une portion de la zone (incluant le Nord québécois) devrait convenir à l'ensemble de ces huit espèces, avec une proportion d'occupation du territoire variable, d'ici 2050[17].

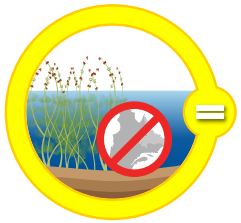
En somme, les changements climatiques influenceront assurément les modèles de dispersion des EAE et leur potentiel d'établissement et de survie. Par contre, de nombreuses incertitudes subsistent pour prédire l'ampleur des conséquences réelles.

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Les espèces envahissantes au Québec, https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/especes/envahissantes/
- Les espèces animales aquatiques envahissantes du fleuve Saint-Laurent: bilan de la situation en eau douce, http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/fiches_indicateurs/Francais/2018_Especes_aquatiques_envahissantes_fleuve_Saint-Laurent_bilan_situation_eau_douce.pdf

RÉFÉRENCES

1. **MOYLE, PETER B.** (1986). « Fish Introductions into North America: Patterns and Ecological Impact », dans H.A. Mooney et J.A. Drake, *Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii*, Springer, New York, p. 27-43.
2. **PAGNUCCO, KATIE S., GEORGE A. MAYNARD, SHANNON A., FERA, NORMAN D. YAN, THOMAS F. NALEPA ET ANTHONY RICCIARDI** (2015). « The future of species invasions in the Great Lakes-St. Lawrence River basin », *Journal of Great Lakes Research*, vol. 41, sup. 1, p. 96-107.
3. **SIMARD, ANOUK, ANNIE PAQUET, CHARLES JUTRAS, YVESROBITAILLE, PIERRE U. BLIER, RHÉAUME COURTOIS ET ANDRÉ MARTEL** (2012). « North American range extension of the invasive Asian clam in a St. Lawrence River power station thermal plume », *Aquatic Invasions*, vol. 7, nº 1, p. 81-89.
4. **MCMAHON, ROBERT F.** (1999). « Invasive characteristics of the freshwater bivalve *Corbicula fluminea* », dans Renata Claudi et Joseph H. Leach, *Nonindigenous freshwater organisms: Vectors, biology, and impacts*. New York, CRC Press LLC, p. 315-342.
5. **RICCIARDI, ANTHONY** (2006). « Patterns of invasion in the Laurentian Great Lakes in relation to changes in vector activity », *Diversity and Distributions*, vol. 12, nº 4, p. 425-433.
6. **HOLECK, KRISTEN T., EDWARD L. MILLS, HUGH J. MACISAAC, MARGARET R. DOCHODA, ROBERT I. COLAUTTI ET ANTHONY RICCIARDI** (2004). « Bridging Troubled Waters: Biological Invasions, Transoceanic Shipping, and the Laurentian Great Lakes », *BioScience*, vol. 54, nº 10, p. 919-929.
7. **KERR, STEVEN J., CHRISTOPHER S. BROUSSEAU ET MARK MUSCHETT** (2005). « Invasive Aquatic Species in Ontario: A review and analysis of potential pathways for introduction », *Fisheries*, vol. 30, nº 7, p. 21-30.
8. **ANDERSON, LUCY G., PIRAN C. L. WHITE, PAUL D. STEBBING, GRANT D., STENTIFORD ET ALISON M. DUNN** (2014). « Biosecurity and Vector Behaviour: Evaluating the Potential Threat Posed by Anglers and Canoeists as Pathways for the Spread of Invasive Non-Native Species and Pathogens », *PLOS ONE*, vol. 9, nº 4, p. 1-10.
9. **RAHEL, FRANK J.** (2007). « Biogeographic barriers, connectivity and homogenization of freshwater faunas: it's a small world after all ». *Freshwater Biology*, vol. 52 nº 4, p. 696-710.
10. **GERTZEN, ERIN, ORIANA FAMILIAR ET BRIAN LEUNG** (2008). « Quantifying invasion pathways: fish introductions from the aquarium trade ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 65 nº 7, p. 1265-1273.
11. **LOVELL, SABRINA J., SUSAN F. STONE ET LINDA FERNANDEZ** (2006). « The economic impacts of aquatic invasive species: A review of the literature », *Agricultural and Resource Economics Review*, vol. 35, nº 1, p. 195-208.
12. **PIMENTEL, DAVID, RODOLFO ZUNIGA ET DOUG MORRISO** (2005). « Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States », *Ecological Economics*, vol. 52, nº 3, p. 273-288.
13. **STRAYER, DAVID L., VALERIE T. EVINER, JONATHAN M. JESCHKE ET MICHAEL L. PACE** (2006). « Understanding the long-term effects of species invasions », *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 21, nº 11, p. 645-651.
14. **HELLMANN, JESSICA J., JAMES E. BYERS, BRITTA G. BIERWAGEN ET JEFFREY S. DUKES** (2008). « Five potential consequences of climate change for invasive species », *Conservation Biology*, vol. 22, nº 3, p. 534-543.
15. **RAHEL, FRANK J., ET JULIAN D. OLDEN** (2008). « Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species », *Conservation Biology*, vol. 22, nº 3, p. 521-533.
16. **DELLA VENEZIA, LIDIA, JASON SAMSON ET BRIAN LEUNG** (2018). « The rich get richer: Invasion risk across North America from the aquarium pathway under climate change », *Diversity and Distributions*, vol. 24, nº 3, p. 285-296.
17. **GOLDSMIT, JESICA, PHILIPPE ARCHAMBAULT, GUILLEM CHUST, ERNESTO VILLARINO, GEORGE LIU, JENNIFER V. LUKOVICH, DAVID G. BARBER ET KIMBERLY L. HOWLAND** (2018). « Projecting present and future habitat suitability of ship-mediated aquatic invasive species in the Canadian Arctic », *Biological Invasions*, vol. 20, nº 2, p. 510-517.



Plantes aquatiques exotiques envahissantes

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

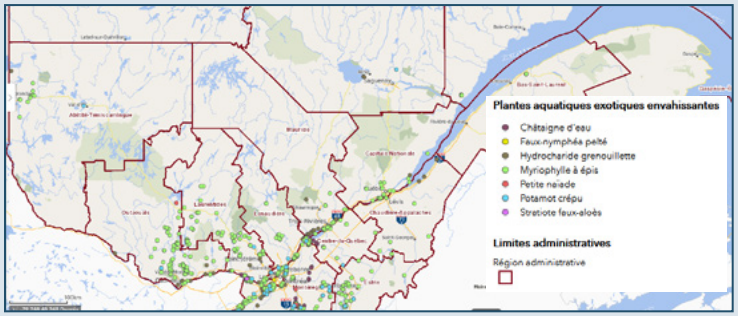
Selon les données disponibles à la Direction de la protection des espèces et des milieux naturels (DPEMN), sept PAEE sont maintenant présentes en milieu naturel au Québec: la châtaigne d'eau (*Trapa natans*), le faux-nymphéa pelté (*Nymphoides peltata*), l'hydrocharide grenouillette (*Hydrocharis morsus-ranae*), le myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*), la petite naïade (*Najas minor*), le potamot crépu (*Potamageton crispus*) et le stratiote faux-aloès (*Stratiotes aloides*). En raison de sa capacité à produire rapidement une énorme biomasse, ce qui intercepte la quasi-totalité du rayonnement solaire et consomme beaucoup d'oxygène lors de sa décomposition[9,11], la châtaigne d'eau est probablement la PAEE qui représente le plus grand risque pour la biodiversité et la santé des plans d'eau peu profonds du sud du Québec. Toutefois, c'est le myriophylle à épis qui est la PAEE ayant la plus vaste répartition au Québec: en 2020, sa présence est confirmée dans 161 lacs et 20 cours d'eau.

Découverte pour la première fois en 1998 dans la rivière du Sud (Henryville), la châtaigne d'eau fait l'objet, depuis 2001, d'un programme de lutte piloté par les autorités provinciales[11,18]. Introduite via le lac Champlain, elle a d'abord été confinée à la Montérégie (rivières du Sud, Richelieu, aux Brochets et baie Missisquoi), puis s'est installée ensuite en Outaouais (rivière des Outaouais et lac des Deux Montagnes). Un premier signalement a été fait dans la rivière Saint-François en 2015, et la présence de plusieurs petites colonies a été confirmée en 2019 entre Saint-Bonaventure et le lac Saint-Pierre. Dans la rivière Yamaska, un premier signalement a été fait en 2017, et la présence

DESCRIPTION

L'introduction et la propagation de plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) sont des enjeux de plus en plus préoccupants pour la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. En plus de représenter des nuisances écologiques, les PAEE peuvent interférer avec la pratique de la pêche récréative et d'activités nautiques, de même qu'affecter négativement la valeur des propriétés riveraines, comme le montre le cas du myriophylle à épis. Ainsi, le nombre de PAEE présentes au Québec et leur répartition actuelle connue ont été sélectionnés pour constituer des indicateurs de l'état des écosystèmes aquatiques. Un historique de l'introduction et de la propagation de chaque PAEE est présenté sommairement, de même que les plus récents résultats des activités de détection.

Figure 1 Répartition des plantes aquatiques exotiques envahissantes au Québec en 2020



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Carte des occurrences connues de PAEE au Québec. Les données proviennent de diverses sources, à la fois historiques et récentes (janvier 2020).

Rédigée par: **Direction de la protection des espèces et des milieux naturels**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

de plusieurs colonies, parfois grandes, a été confirmée en 2019 entre Saint-Damase et le lac Saint-Pierre. La plus récente observation a eu lieu à l'automne 2019, dans l'étang du Village (Sainte-Marcelline-de-Kildare), au sein du bassin versant de la rivière L'Assomption.

Le myriophylle à épis est présent dans la plupart des régions administratives du Québec, et il est bien installé dans de nombreux secteurs du Saint-Laurent, notamment ses lacs fluviaux[2,10,11]. D'ailleurs, la plus ancienne mention remonte à 1958 dans le lac Saint-Pierre et, jusqu'à la fin des années 1960, il était essentiellement confiné au fleuve. À partir des années 1970, le myriophylle à épis est observé dans quelques lacs de l'Outaouais, des Laurentides et de l'Estrie, régions où il demeure le plus abondant jusqu'à ce jour. La propagation s'est accélérée pendant la décennie 1990-2000. L'espèce est observée en Abitibi dès 2001, et au Bas-Saint-Laurent et en Côte-Nord depuis 2016. En 2017, une première compilation des plans d'eau touchés par le myriophylle à épis a été réalisée par le ministère. Elle dénombrait 110 plans d'eau affectés comparativement aux 181 recensés en janvier 2020. L'augmentation importante observée en seulement deux ans s'explique principalement par une vigilance citoyenne accrue (meilleure détection) et par l'intégration d'un plus grand nombre de jeux de données en 2020.

Le stratiote faux-aloès a été détecté au Québec pour la première fois en 2018 dans la baie de Carillon (lac des Deux Montagnes). En 2019, des travaux de détection ont confirmé la présence de quelques petites colonies dans un secteur de la baie. En Amérique du Nord, la seule autre occurrence en milieu naturel, qui est connue depuis 2008, se situe dans la voie navigable Trent-Severn en Ontario[20]. Bien que l'espèce soit très peu documentée en Amérique du Nord, la sévérité et la rapidité de l'envahissement observé en Ontario suggèrent que cette espèce représente une véritable menace à la biodiversité des plans d'eau du sud-ouest du Québec.

L'hydrocharide grenouillette fut introduite à Ottawa en 1932[4,11]. Elle s'est ensuite rapidement installée dans la rivière des Outaouais, atteignant Montréal au début des années 1950. De là, elle s'est propagée dans le fleuve Saint-Laurent: l'espèce est observée à Québec en 1974, à Saint-Roch-des-Aulnaies en 2001, puis à Cap-Tourmente en 2014. Dans la rivière Richelieu, une première observation a été faite en 1982, à Henryville, près de la frontière américaine. Au lac Saint-Jean, l'espèce a été détectée en 2019.

Le potamogeton crépu a d'abord été détecté dans la rivière Richelieu, en 1932[3]. Présent dans les Grands Lacs, il s'est installé dans le fleuve Saint-Laurent, du lac Ontario jusqu'au lac Saint-Pierre. On le trouve aussi dans la rivière des Outaouais, dans la rivière Saint-François,

Tableau 1 Année de la plus ancienne mention de naturalisation des plantes aquatiques exotiques envahissantes pour le Québec

Nom français	Nom latin	Année de la plus ancienne mention de naturalisation pour le Québec							
		Avant 1950	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Châtaigne d'eau	Trapa natans						1998		
Faux-nymphéa pelté	Nymphoides peltata		1950						
Hydrocharide grenouillette	Hydrocharis morsus-ranae		1952						
Myriophylle à épis	Myriophyllum spicatum		1958						
Petite naïade	Najas minor							2005	
Potamot crépu	Potamogeton crispus	1932							
Stratiote faux-aloès	Stratiotes aloides								2018
Nombre de plantes aquatiques exotiques envahissantes naturalisées		1	3	0	0	0	1	1	1

Historique des plus anciennes mentions de naturalisation de PAEE pour le Québec. Au cours des trois dernières décennies, une nouvelle PAEE par décennie s'est ajoutée[13,16].

de même que dans quelques lacs de l'Estrie, de l'Outaouais et des Laurentides. En 1992, le potamot crépu est observé à Val-d'Or, puis à Saint-David-de-Falardeau au Saguenay en 2018, ce qui constitue les mentions les plus nordiques de tout l'est de l'Amérique du Nord.

Au Québec, la présence des deux dernières PAEE, le faux-nymphéa pelté et la petite naïade, est très peu documentée. Leur arrivée semble plutôt récente, comme en témoigne le très petit nombre de signalements en milieu naturel qui a été fait pour chacune d'elles jusqu'à présent[5,14]. Bien qu'il existe des indices que ces deux espèces puissent être nuisibles à la biodiversité en Amérique du Nord, il n'est pas possible, sur la base des informations disponibles actuellement, de conclure une telle chose en contexte québécois. Cependant, en 2019, de grandes colonies de petite naïade ont été observées dans la portion méridionale du réservoir Baskatong (baie Philomène), au nord-ouest de Mont-Laurier.

PRESSIONS

Les vecteurs *d'introduction* des PAEE sont principalement d'origine anthropique. Ils concernent (1) le transfert d'embarcations contenant des propagules de PAEE d'un plan d'eau à un autre, (2) le relâchement en nature de plantes utilisées dans les aquariums et les jardins d'eau, et (3) les vidanges de ballast des navires commerciaux dans le Saint-Laurent. Toutefois, lorsqu'une PAEE est introduite dans un plan d'eau, des vecteurs naturels tels que le réseau hydrographique et la faune locale lui permettent souvent de se propager ailleurs dans le bassin versant. Les activités nautiques et la pêche récréative, lorsqu'elles favorisent le sectionnement des PAEE, sont aussi des vecteurs *de propagation* au sein d'un plan d'eau[15].

Le transfert d'embarcations contenant des propagules de PAEE d'un plan d'eau à un autre est un vecteur d'introduction très important, surtout pour les PAEE ayant la capacité de se reproduire par multiplication végétative, soit toutes les PAEE présentes au Québec, à l'exception de la châtaigne d'eau. Les tiges qui s'enroulent dans les hélices des moteurs à bateau, ou celles qui restent accrochées aux embarcations et à leur remorque, peuvent survivre aux transferts de plans d'eau. Et plus court est le temps de transfert, meilleur est le taux de survie. Au Québec, le myriophylle à épis est la PAEE qui a le plus bénéficié de ce vecteur d'introduction. Il profite ensuite du sectionnement des tiges causé par les hélices et les rames pour se propager (vecteur de propagation) plus rapidement au sein d'un plan d'eau. Rappelons cependant que le myriophylle à épis se fragmente aussi de façon naturelle à partir de la mi-juillet[1,19].

FORCES

- Pêche récréative ou de subsistance[11,15]
- Infrastructures de transport
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[11,15]
- Navigation commerciale sur le Saint-Laurent
- Autre (précisez): Jardins d'eau et aquariophilie[11,15]

IMPACTS

- Perte ou limitation d'activité commerciale de villégiature[7,17]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)[9,11,12]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[14]
- Autre (précisez):
- Modification de la biodiversité et du fonctionnement des écosystèmes[9,11,12]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- L'allongement de la saison de croissance augmente le risque d'invasion par des espèces végétales exotiques envahissantes en général[6].

Le relâchement en nature de plantes utilisées dans les aquariums et les jardins d'eau est un autre vecteur d'introduction important. Plusieurs des PAEE présentes au Québec sont vendues dans des jardineries et des boutiques d'aquariophilie, et leur disponibilité est sans doute plus grande encore en ligne. L'hydrocharide grenouillette et le faux-nymphéa pelté, qui sont des plantes aquatiques *flottantes*, ont été introduits comme plantes ornementales de jardins d'eau. Par ailleurs, il est probable que certaines des populations de châtaigne d'eau à l'extérieur de la Montérégie, ainsi que la population de stratiote faux-aloès de la baie de Carillon, soient également issues du relâchement de plantes utilisées dans des jardins d'eau. Enfin, il est possible que l'introduction, en Amérique du Nord, des plantes aquatiques *submergées* que sont le myriophylle à épis, le potamot crépu et la petite naïade soit reliée à leur utilisation comme plantes d'aquarium, même si aucune preuve formelle n'existe à cet effet. L'espèce la plus à risque de s'ajouter à cette liste, le cabomba de Caroline (*Cabomba caroliniana*), est utilisée en aquariophilie[21].

Le dernier des vecteurs d'introduction de PAEE, la vidange des eaux de lest de navires, est probablement le moins important des trois. Tout d'abord, parce que ce vecteur est moins favorable pour les plantes que pour les animaux. Ensuite, parce que cela ne concerne que les voies navigables. Toutefois, il n'est pas exclu que ce vecteur soit à l'origine de l'introduction en Amérique du Nord des trois PAEE submergées identifiées plus haut. Heureusement, la réglementation en vigueur concernant les eaux de ballast diminue sensiblement le risque de nouvelles introductions.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Le risque d'invasion par des espèces végétales exotiques envahissantes en général, et par des PAEE en particulier, augmentera au Québec avec les changements climatiques, car l'allongement de la saison de croissance rend disponibles de nouveaux territoires, en plus de favoriser la production de propagules[6,8]. Par ailleurs, des espèces naturalisées, mais non envahissantes, pourraient devenir envahissantes à la faveur du réchauffement du climat.

Plusieurs PAEE actuellement présentes dans les Grands Lacs, ou présentes dans des plans d'eau des provinces et des États voisins, sont susceptibles d'atteindre le Québec au cours du xix^{e} siècle : le cabomba de Caroline, l'élodée dense (*Egeria densa*), l'hydrille verticillé (*Hydrilla verticillata*) et le myriophylle aquatique (*Myriophyllum aquaticum*). La progression vers le nord de ces espèces est limitée par le climat froid, mais, selon l'ampleur du réchauffement en cours, le sud du Québec pourrait éventuellement devenir propice à leur établissement.

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Entente sur les ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

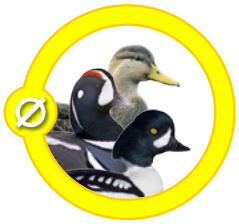
- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)
- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
- Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

AUTRES

- Accompagnement des MRC et municipalités
- Campagnes d'éradication d'espèces exotiques envahissantes
- Développement et mise à jour de la cartographie
- Rapports et publications de sensibilisation

RÉFÉRENCES

1. **AIKEN, S.G., P.R. NEWROTH ET I. WILE** (1979). « Biology of Canadian weeds. 34. *Myriophyllum spicatum* L. », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 59, p. 201-215
2. **AUGER, ISABELLE** (2006). *Évaluation du risque de l'introduction du myriophylle à épis sur l'offre de pêche et la biodiversité des eaux à touladi. Revue de la littérature.* Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la Faune, Québec, 88 p.
3. **CATLING, P.M., ET I. DOBSON** (1985). « Biology of Canadian weeds. 69. *Potamogeton crispus* L. », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 659, p. 655-668.
4. **CATLING, P.M., G. MITROW, E. HABER, U. POSLUSZNY ET W.A. CHARLTON** (2003). « The biology of Canadian weeds. 124. *Hydrocharis morsus-ranae* L. », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 83, p. 1001-1016.
5. **DARBYSHIRE, STEPHEN J., ET ARDATH FRANCIS** (2008). « Biology of invasive alien plants in Canada. 10. *Nymphoides peltata* (S. G. Gmel.) Kuntze », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 88, p. 811-829.
6. **DE BLOIS, SYLVIE, LAURA BOISVERT-MARSH, RETO SCHMUCKI, CHRISTINE-ANNA LOVAT, CHAEHO BYUN, PAOLA GOMEZ-GARCIA, RAFAEL OTFINOWSKI, ÉLISABETH GROENEVELD ET CLAUDE LAVOIE** (2013). *Outils pour évaluer les risques d'invasion biologique dans un contexte de changements climatiques.* Université McGill. Montréal (Québec), 80 p. et 6 annexes.
7. **GOODENBERGER, JAMES S., ET H. ALLEN KLAIBER** (2016). « Evading invasives: how Eurasian watermilfoil affects the development of lake properties », *Ecological Economics*, vol. 127, p. 173-184.
8. **HATTON, E.C., J.D. BUCKLEY, S.A. FERA, S. HENRY, L.M. HUNT, D.A.R. DRAKE & T.B. JOHNSON** (2019). « Current and potential aquatic invasive species in Ontario and the Great Lakes region: A compilation of ecological information », Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry, Science and Research Branch, Peterborough, ON. Science and Research Information Report IR-16, 23 p. + annexes.
9. **HUMMEL, MEREDITH, ET ERIK KIVIAT** (2004). « Review of world literature on water chestnut with implications for management in North America », *Journal of Aquatic Plant Management*, vol. 42, p. 17-28.
10. **JACOB-RACINE, ROMY, ET CLAUDE LAVOIE** (2018). « Reconstitution historique de l'invasion du Québec par le myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*) », *Le Naturaliste canadien*, vol. 142, nº 3, p. 40-46.
11. **LAVOIE, CLAUDE** (2019). *50 plantes envahissantes: protéger la nature et l'agriculture.* Les Publications du Québec, 415 p.
12. **LAVOIE, CLAUDE, GENEVIÈVE GUAY ET FLORENT JOERIN** (2014). « Une liste des plantes vasculaires exotiques nuisibles du Québec: nouvelle approche pour la sélection des espèces et l'aide à la décision », *Écoscience*, vol. 21, nº 2, p. 1-24.
13. **LAVOIE, CLAUDE, ANNIE SAINT-LOUIS, GENEVIÈVE GUAY ET ÉLISABETH GROENEVELD** (2012). « Les plantes vasculaires exotiques naturalisées: une nouvelle liste pour le Québec », *Le Naturaliste canadien*, vol. 136, nº 3, p. 6-32.
14. **LÉVEILLÉ-BOURRET, ÉTIENNE, MARIE-ÈVE GARON-LABRECQUE ET ELEANOR R. THOMPSON** (2017). « Le statut de la naïade grêle (*Najas gracillima*, Najadaceae) au Québec », *Le Naturaliste canadien*, vol. 141, nº 1, p. 6-14.
15. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2017). *De bons conseils pour éviter d'introduire et de propager des espèces exotiques envahissantes*, Québec, 10 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/eviter-propagation-eee.pdf.
16. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019) « Sentinelle. Outil de détection des espèces exotiques envahissantes », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Québec, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/sentinelle.htm (page consultée le 9 décembre 2019).
17. **OLDEN, JULIAN D., ET MARIANA TAMAYO** (2014). « Incentivizing the public to support invasive species management: Eurasian milfoil reduces lakefront property values », *PloS One*, vol. 9, nº 10, e110458.
18. **SIMARD, ANNIE, BERTRAND DUMAS ET PIERRE BILODEAU** (2009). « Avancement du programme d'éradication de la châtaigne d'eau (*Trapa natans* L.) au Québec », *Le Naturaliste canadien*, vol. 133, nº 2, p. 8-14.
19. **SMITH, CRAIG S., ET J.W. BARKO** (1990). « Ecology of Eurasian watermilfoil », *Journal of Aquatic Plant Management*, vol. 28, p. 55-64.
20. **SNYDER, ERIC, ARDATH FRANCIS ET STEPHEN J. DARBYSHIRE** (2016). « Biology of invasive alien plants in Canada. 13. *Stratiotes aloides* L. », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 96, p. 225-242.
21. **WILSON, CLAIRE E., STEPHEN J. DARBYSHIRE ET ROSITA JONES** (2007). « Biology of invasive alien plants in Canada. 7. *Cabomba caroliniana* A. Gray », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 87, p. 615-638.



Population de sauvagine

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Ne s'applique pas; données historiques insuffisantes.

Les données historiques et actuelles sont insuffisantes et trop incertaines pour définir des tendances temporelles exactes pour deux des trois espèces abordées dans cette fiche.

CANARD NOIR

(INTERMÉDIAIRE-BON, TENDANCE À LA BAISSE)

Le canard noir est considéré comme abondant au Québec (figure 1). Cette espèce se retrouve dans tout le Québec, bien que l'on trouve plus de la moitié des effectifs dans les forêts boréales mixtes et coniférienne[1].

Au Québec, les récents inventaires héliportés (figure 2) indiquent que la tendance des effectifs est en baisse depuis l'an 2000[9], tout comme ailleurs dans le nord-est du continent. En effet, les effectifs de 2019 [729 000 individus] sont en baisse de 16% par rapport à la moyenne 1998-2018[6]. L'estimation des effectifs globaux de 2019 serait au-dessus de l'objectif du plan nord-américain de gestion de la sauvagine établi à 628 000 individus[8], mais cet objectif ne comprend pas l'ensemble des données d'inventaire et sera révisé sous peu. Enfin, une tendance (1970-2003) à la baisse pour les effectifs de canards noirs a été observée en hiver[1].

GARROT D'ISLANDE

(POPULATION DE L'EST) (INTERMÉDIAIRE-MAUVAIS)

La population de l'Est de garrot d'Islande compte environ 8 200 individus, qui se concentrent principalement sur le territoire québécois en période de nidification et d'hivernage (figure 3)[7].

DESCRIPTION

La sauvagine représente l'ensemble des oiseaux sauvages des zones aquatiques. Cette fiche fait état des populations de trois espèces de sauvagine présentes au Québec: le canard noir, le garrot d'Islande et l'arlequin plongeur. L'état de ces populations est tiré principalement du document *État des populations de sauvagine du Québec, 2009*[1] (préparé par le Service canadien de la faune) et de l'*Atlas des oiseaux nicheurs*[9] (préparé par le regroupement QuébecOiseaux, le Service canadien de la faune et Études d'oiseaux Canada).

Ces trois espèces ont été sélectionnées en raison de la grande proportion d'individus nicheurs ou migrateurs présents au Québec par rapport au reste de l'Amérique du Nord[1] et parce qu'elles ont été toutes identifiées dans le cadre du « Plan de conservation de la sauvagine du Québec, 2011[2] » comme des espèces à priorité de conservation élevée ou moyenne dans plusieurs régions du Québec.

Rédigée par: **Direction de la gestion intégrée de l'eau**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Révisée par: **Service canadien de la faune**
Environnement et Changements climatiques Canada

En nidification, on trouve l'espèce principalement dans les hauteurs de la Côte-Nord, du Saguenay et de Charlevoix[10]. Pendant la période d'hivernage, les individus s'alimentent au-dessus des larges estrans de la rive nord du Saint-Laurent ainsi qu'à quelques endroits dans le golfe. La population de l'Est, qui a connu un déclin au cours du XIXe siècle, semble mieux se porter selon les plus récents inventaires des aires d'hivernage, lesquels indiquent une hausse d'effectifs de 30 % entre 2014 et 2017[7].

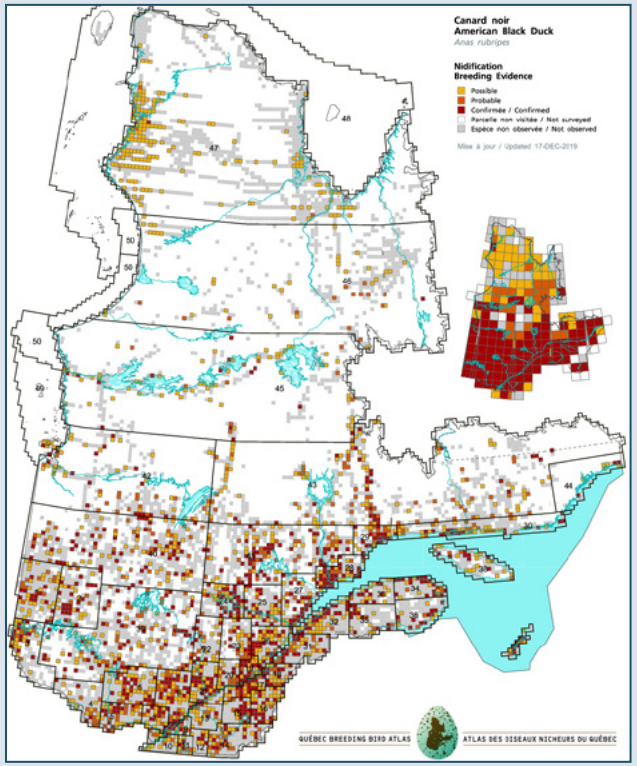
La population est considérée comme vulnérable au Québec selon NatureServe[3] et préoccupante sur l'ensemble de son aire de répartition selon le COSEPAC[4].

ARLEQUIN PLONGEUR

(POPULATION DE L'EST) (INTERMÉDIAIRE)

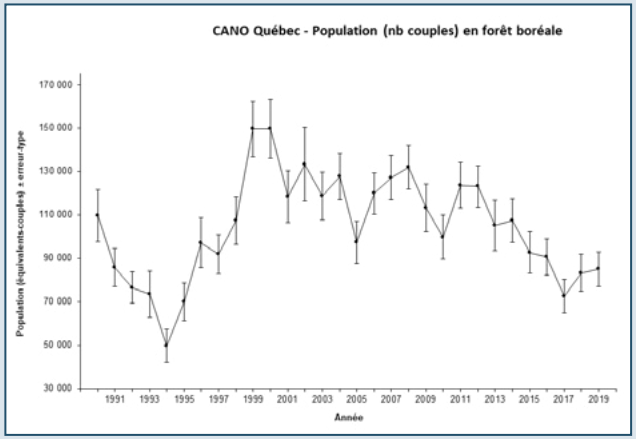
La population de l'Est de l'arlequin plongeur est estimée à 8 500-8 700 individus[5]. Une grande part de ces oiseaux seraient présents sur le territoire québécois lors de la période de reproduction (figure 4). Il est difficile d'établir une tendance pour l'espèce au Québec, mais l'augmentation observée d'individus hivernant sur la côte Est pourrait indiquer une hausse des effectifs au Québec[1,5].

Figure 1 Carte de répartition du canard noir au Québec



Répartition du canard noir par parcelles de 10 × 10 km au Québec selon le deuxième *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec* (2019)[9].

Figure 2 Populations de canard noir au Québec en forêt boréale selon des données d'hélicoptère



Graphique des données d'hélicoptère pour le canard noir au Québec en forêt boréale (1990-2019) (Atlas des oiseaux nicheurs, 2019)[9].

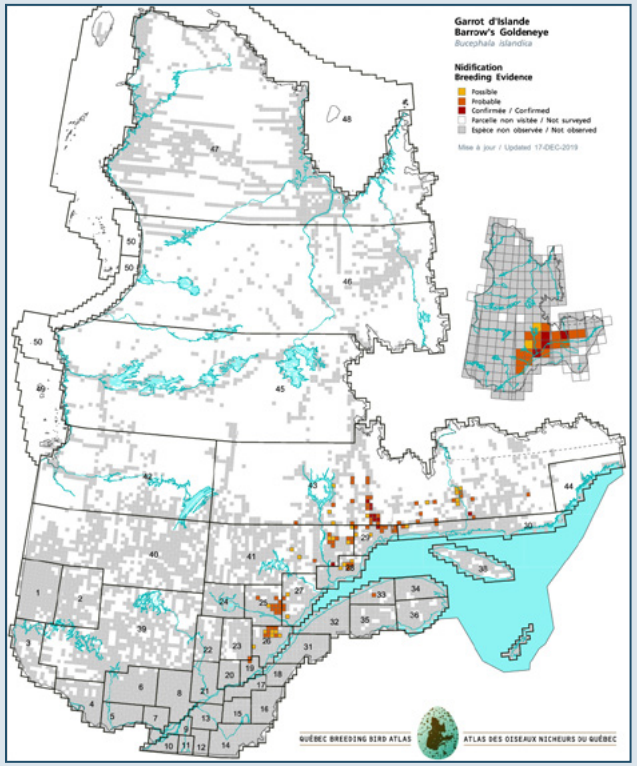
On le trouve, durant la période de reproduction, en bordure de rivières en Gaspésie, sur la Côte-Nord et dans les bassins versants de la baie d'Hudson et de la baie d'Ungava. En Gaspésie, on estime qu'il y a une dizaine de couples nicheurs, tout comme le long des rivières de la Côte-Nord. Trop peu d'inventaires ont été effectués dans les bassins versants de la baie d'Hudson et de la baie d'Ungava pour estimer le nombre de couples nicheurs[1].

PRESSIONS

CANARD NOIR

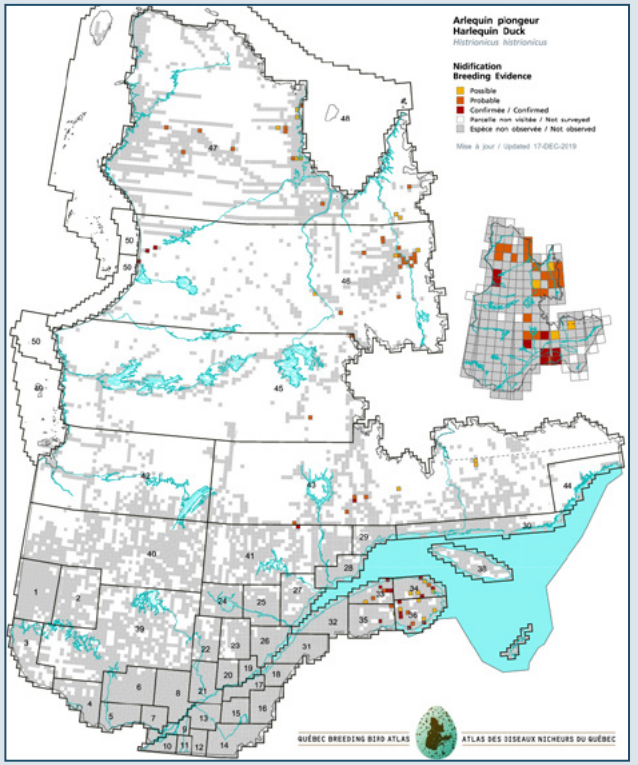
Dans les basses-terres du Saint-Laurent, le changement de paysage vers des cultures agricoles plus intensives, comme les céréales, le soya ou le maïs, semble ne plus convenir à l'élevage des canetons, faute de milieux humides, et semble de plus favoriser une espèce compétitrice au canard noir, soit le canard colvert[9]. On peut également citer l'exploitation des tourbières, l'endiguement, le drainage des terres, la coupe des haies brise-vent et la réduction des boisés qui limitent la reproduction du canard noir dans la vallée du Saint-Laurent[1]. La dégradation et la perte incessante de petits milieux humides demeurent un problème de taille dans les régions à forte densité humaine[9]. Il est possible que la chasse sportive représente toujours une menace à la population de canards noirs de la vallée du Saint-Laurent, alors que cela ne semble pas être le cas en territoire plus forestier[1].

Figure 3 Carte de répartition du garrot d'Islande au Québec



Répartition du garrot d'Islande par parcelles de 10 × 10 km au Québec selon le deuxième *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec* (2019)[10].

Figure 4 Carte de répartition de l'arlequin plongeur au Québec



Répartition de l'arlequin plongeur par parcelles de 10 × 10 km au Québec selon le deuxième *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec* (2019)[11].

Dans le Bas-Saint-Laurent, l'exploitation des tourbières est également considérée comme une menace aux espaces de nidification de l'espèce. Les modifications de l'habitat engendrées par les coupes forestières, les aménagements hydroélectriques et l'exploitation minière sont quant à elles les principales menaces pour les populations plus au nord[1].

GARROT D'ISLANDE

Les garrots d'Islande sont particulièrement vulnérables à de possibles déversements d'hydrocarbures sur leurs sites d'hivernage dans l'estuaire du Saint-Laurent étant donné qu'ils se concentrent à quelques sites seulement. Un tel évènement pourrait entraîner la mort d'une bonne part des garrots d'Islande de l'est de l'Amérique du Nord[4].

Les activités forestières représentent quant à elles la principale menace aux sites de nidification de l'espèce, les garrots d'Islande étant dépendants de cavités naturelles dans de très gros arbres vivants ou morts pour y pondre ses œufs. La réduction de la disponibilité de ces arbres et de ces chicots est la principale conséquence de la récolte forestière sur l'espèce. Effectivement, les pratiques forestières entraînent une réduction du nombre de gros arbres à grosses cavités[4]. Notons également l'accès aux lacs pour les pêcheurs et les chasseurs qui serait accentué par les activités de récolte du bois, ce qui augmenterait le dérangement du garrot d'Islande durant sa période de nidification dans certains secteurs auparavant inaccessibles par voie terrestre[4,10].

FORCES

- Chasse[1]
- Pêche récréative ou de subsistance[1]
- Activités industrielles[1]
- Activités forestières[1]
- Activités agricoles[1]
- Gestion des barrages[1]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[1]

IMPACTS

- Perte ou limitation d'activités commerciales de villégiature
- Problèmes d'exploitation des barrages
- Perturbation des activités forestières[1]
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (QUÉBEC)

- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur les activités de chasse* (RLRQ, c. C-61.1, r. 1)
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)
  - *Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (REFMVH) (RLRQ, c. E-12.01, r. 2)

LOIS ET RÈGLEMENTS (CANADA)

- *Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs* (L.C. 1994, ch. 22)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (QUÉBEC)

- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces

SOUTIEN FINANCIER (QUÉBEC)

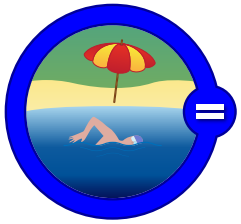
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert
- Programme de restauration et de création de milieux humides et hydriques (PRCMHH)

ARLEQUIN PLONGEUR

Historiquement, la chasse a été une pression pour l'espèce dans l'est du continent nord-américain. Une fois la chasse de cette espèce interdite sur ce territoire, les principales pressions sont maintenant le développement hydroélectrique (par le changement du régime hydrique), le braconnage, l'aquaculture, les pêcheries et les activités récréatives en zone côtière ainsi que près des rivières où niche l'espèce[5]. Toutes ces activités contribuent au dérangement de l'espèce et à la perte de son habitat.

RÉFÉRENCES

1. **LEPAGE, C., ET D. BORDAGE (SOUS LA DIRECTION DE)** (2013). État des populations de sauvagine du Québec, 2009. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, Série de rapports techniques no 525, 250 p.
2. **LEPAGE, C., D. BORDAGE, D. DAUPHIN, F. BOLDUC ET B. AUDET** (2015). *Plan de conservation de la sauvagine du Québec, 2011.* Série de rapports techniques no 532, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Québec, 248 p.
3. **NATURE SERVE.**
4. **ENVIRONNEMENT CANADA** (2013). *Plan de gestion du Garrot d'Islande (Bucephala islandica), population de l'Est, au Canada.* Série de Plans de gestion de la *Loi sur les espèces en péril*, Environnement Canada, Ottawa, 22 p.
5. **COSEPAC** (2013). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur l'Arlequin plongeur (Histrionicus histrionicus) population de l'Est au Canada.* Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, 53 p.
6. **U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE** (2019). Waterfowl population status, 2019. U.S. Department of the Interior, Washington, D.C., É-U.
7. **COMITÉ SUR LA SAUVAGINE DU SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE** (2019). *Situation des populations d'oiseaux migrateurs considérés comme gibier au Canada: novembre 2019.* Rapport du Service canadien de la faune sur la réglementation concernant les oiseaux migrateurs no 50.
8. **NAWMP** (2018). North American Waterfowl Management Plan (NAWMP) Update: connecting people, waterfowl, and wetlands, 46 p.
9. **LEPAGE, C.** (2019). Canard noir, p. 112-113, dans *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional* (M. Robert, M.-H. Hachey, D. Lepage et A.R. Couturier, dir.). Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'oiseaux Canada, Montréal, xxv + 694 p.
10. **ROBERT, M.** (2019). Garrot d'Islande, p. 136-137, dans *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional* (M. Robert, M.-H. Hachey, D. Lepage et A.R. Couturier, dir.). Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'oiseaux Canada, Montréal, xxv + 694 p.
11. **ROBERT, M.** (2019). Arlequin plongeur, p. 128-129, dans *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional* (M. Robert, M.-H. Hachey, D. Lepage et A.R. Couturier, dir.). Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'oiseaux Canada, Montréal, xxv + 694 p.



Qualité bactériologique des eaux de baignade des plages participant au programme Environnement-Plage

ÉTAT

État: Bon
Tendance: Maintien

En 2019, 73 % des plages participantes, soit 151 plages, ont obtenu une cote moyenne A (excellente), 25 %, soit 51 plages, une cote moyenne B (bonne), 1 %, soit trois plages, une cote moyenne C (passable), et 1 %, soit deux plages, une cote moyenne D (polluée). On observe donc que les eaux de baignade de presque la totalité (98 %) des plages ayant participé au programme Environnement-Plage étaient classées « excellentes » ou « bonnes » quant à leur qualité bactériologique. L'état global de la qualité bactériologique des plages participantes au programme Environnement-Plage peut donc être considéré comme bon.

Toutefois, les résultats doivent être interprétés en tenant compte d'un certain nombre de considérations. Par exemple, les données présentées se limitent à celles qui ont été recueillies sur les plages qui participent au programme Environnement-Plage et ne peuvent refléter la qualité bactériologique de l'ensemble des plages du Québec. Par ailleurs, la fréquence d'échantillonnage de ces plages est établie selon la cote de qualité bactériologique de l'eau de baignade de l'année précédente. Ainsi, les plages participantes ayant obtenu une cote A (excellente) l'année précédente seront échantillonnées au moins deux fois. Les plages ayant obtenu une cote B (bonne) seront échantillonnées au moins trois fois. Finalement,

DESCRIPTION

La présente fiche présente les indicateurs et les résultats du suivi de la qualité bactériologique des eaux de baignade des plages participant du Québec, mesurée dans le cadre du programme Environnement-Plage, lequel est sous la responsabilité du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Le suivi de la qualité des eaux de baignade est basé sur une classification des échantillons d'eau analysés en fonction de leur concentration en microorganismes indicateurs: *Escherichia coli* (*E. coli*) pour les eaux douces et les entérocoques en milieu marin[1]. La classification est la suivante:

- **Classe A (excellente)**
  E. coli ≤ 20 UFC/100 ml ou entérocoques ≤ 5 UFC/100 ml;
- **Classe B (bonne)**
  E. coli 21 à 100 UFC/100 ml ou entérocoques 6 à 20 UFC/100 ml;
- **Classe C (passable)**
  E. coli 101 à 200 UFC/100 ml ou entérocoques 21 à 35 UFC/100 ml;
- **Classe D (polluée)**
  E. coli ≥ 201 UFC/100 ml ou entérocoques ≥ 36 UFC/100 ml.

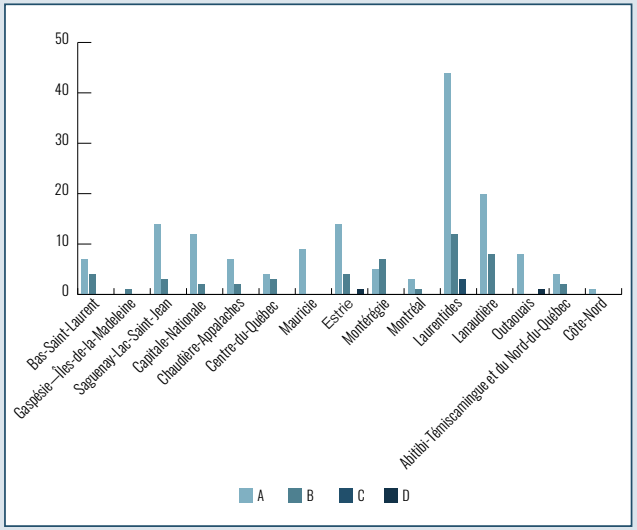
Rédigée par: **Bureau de l'expertise en contrôle**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
Collaboration: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

les plages ayant obtenu une cote C (passable) ou D (polluée), ainsi que les nouvelles plages, seront échantillonnées au moins cinq fois[1]. Donc, même si l'état global des plages du programme est bon, cela ne signifie pas que la qualité bactériologique de l'eau des plages est bonne à tout moment. Aussi, les indicateurs de la qualité bactériologique des eaux (*E. coli* et entérocoques) utilisés pour le programme Environnement-Plage témoignent d'une contamination fécale d'origine humaine ou animale[2].

Finalement, mentionnons que la qualité bactériologique des eaux des plages varie beaucoup dans le temps, selon divers facteurs, tels que les conditions météorologiques, les caractéristiques physiques du milieu de baignade, le moment de la journée, la périodicité des épisodes de contamination et les activités en amont de la plage[2].

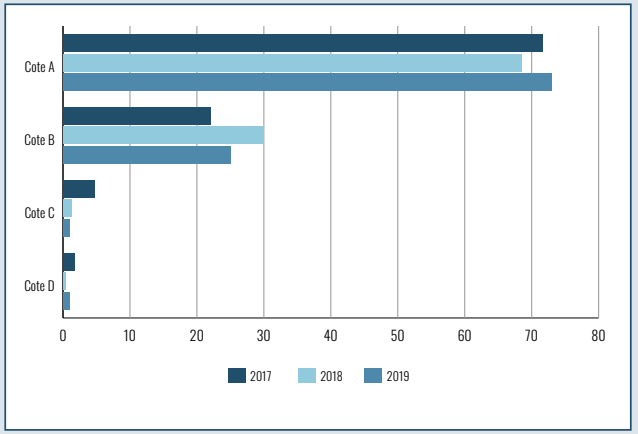
Pour ce qui est de la tendance de l'indicateur entre 2017 et 2019, il ne semble pas y avoir d'amélioration ou de détérioration de la qualité des eaux de baignade des plages ayant participé au programme, ce qui traduit un maintien général de la situation.

Figure 1 Classification des eaux de baignade des plages des différentes régions du Québec en fonction de la qualité bactériologique-2019



La figure fait état de la qualité bactériologique des eaux de baignade des plages ayant participé au programme Environnement-Plage en 2019. Elle montre que la majorité des plages participantes ont obtenu une cote A (excellente) ou une cote B (bonne).

Figure 2 Tendance de la qualité bactériologique des eaux de baignade de plages-2017, 2018, 2019



La figure présente la tendance de la qualité bactériologique des eaux de baignade des plages ayant participé au programme Environnement-Plage sur trois années: 2017, 2018, 2019. Les données sont basées sur les pourcentages de cotes moyennes annuelles: cote A (excellente), cote B (bonne), cote C (passable) et cote D (polluée). Le graphique montre un maintien global de la qualité des eaux de baignade des plages participantes ces dernières années.

PRESSIONS

Les sources de contamination bactériologique des plages sont multiples. Souvent sous-estimés, les oiseaux aquatiques, particulièrement les goélands à bec cerclé, les bernaches du Canada et les canards colverts sont une source de contamination fréquente des plages du Québec[7]. À cause de leurs déjections fortement concentrées, la présence de quelques oiseaux seulement peut diminuer de façon draconienne la qualité bactériologique de l'eau d'une plage[5,6].

La gestion des eaux usées peut aussi influencer considérablement la concentration de microorganismes pathogènes dans l'eau des plages. En milieu urbain, l'apport d'eau important généré en période de pluie peut créer des excès d'eau dans les réseaux d'égouts menant à des débordements d'eaux usées non traitées dans les cours d'eau[3,8]. Des branchements inversés, pour lesquels les eaux sanitaires des résidences sont envoyées dans une conduite pluviale, peuvent aussi être problématiques, même par temps sec. En zone de villégiature, la gestion des eaux usées peut être une source de contamination à cause des rejets directs dans l'environnement, des débordements de fosses septiques et des résurgences d'eaux usées en raison du colmatage des champs d'épuration[2,6].

En milieu agricole, les déjections d'animaux d'élevage peuvent apporter une contamination bactériologique par des systèmes d'entreposage défaillants ou par le ruissellement des champs ayant fait l'objet d'épandage[2,4,6,9,10].

Les plages participant au Programme Environnement-Plage sont situées dans des milieux et des conditions hydrologiques variées. Ces sources de contamination n'affectent donc pas l'ensemble des plages avec la même importance. C'est pourquoi il est recommandé d'effectuer une enquête sanitaire afin de déterminer les principales sources de contamination propre à chaque plage. Outre les sources de contamination ci-dessus, les épisodes de fortes pluies, par le fort ruissellement et l'augmentation des débordements d'eaux usées non traités, peuvent entraîner une contamination bactériologique considérable sur les plages.

FORCES

- Urbanisation[3]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[3]
- Activités industrielles[3]
- Activités agricoles[4]
- Faune naturelle (oiseaux aquatiques)[5,6,7]

IMPACTS

- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)[11]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[12,13]
- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)[12,13]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[12,13]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2, art 83.)[14]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

De façon générale, le *Rapport sur le climat changeant du Canada*[12] prévoit une augmentation des précipitations extrêmes dans le futur. Le ruissellement causé par ces épisodes de pluies plus fréquents entraînera une modification de la qualité bactériologique de l'eau des plages en fonction de la nature du milieu où elles sont situées. En milieu urbain, la fréquence plus élevée des épisodes pluvieux intenses pourrait entraîner des débordements d'eaux usées non traitées plus importants et compromettre la baignade aux sites en aval[13]. En milieu agricole, le lessivage des déjections d'animaux d'élevage ne sera qu'accentué par ces fortes pluies. Sur les sites de baignade, les déjections d'oiseaux aquatiques présentes sur la plage ou à proximité pourraient être lessivées par les pluies et entraîner une contamination bactériologique appréciable des eaux de baignade. L'augmentation des précipitations due aux changements climatiques pourrait donc entraîner une augmentation des journées où la qualité bactériologique de l'eau des plages serait impropre à la baignade.

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Programme Environnement-Plage[1]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/env-plage

RÉFÉRENCES

1. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2020). « Programme Environnement-Plage », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/env-plage/ (page consultée le 1er mai 2020).
2. **SANTÉ CANADA** (2012). *Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada*, troisième édition, Ottawa (Ontario), Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, 78-1-100-99431-4, Cat. no H129-15/2012F, 171 p.
3. **GODMAIRE, HÉLÈNE, ET ANDRÉANNE DEMERS** (2009). *Eaux usées et fleuve Saint-Laurent: problèmes et solutions*, Québec, Coalition québécoise pour une gestion responsable de l'eau, 28 p.
4. **PAINCHAUD, JEAN** (2017). *La qualité de l'eau des rivières du Québec: état et tendances*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Bibliothèque nationale du Québec, 2-550-31530-8, Envirodoq no EN970111, rapport no QE-109, 57 p.
5. **LÉVESQUE, B., P. BROUSSEAU, F. BERNIER, E. DEWAILLI ET J. JOLY** (2000). « Study of the bacterial content of ring-billed gull droppings in relation to recreational water quality », *Water Research*, vol. 34, no 4, p. 1089-1096.
6. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (MDDEFP) (2013). *Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac*, Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-67327-9 (PDF), 30 p. et 1 annexe.
7. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2020). *Guide d'application du programme Environnement-Plage*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 28 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/env-plage/Guide-application.pdf.
8. **HÉBERT, S.** (2010). *Qualité bactériologique de sites potentiels de baignade dans le Saint-Laurent, été 2009*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 8 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/stlaurent/Plages2009.pdf.
9. **PATOINE, MICHEL** (2011). « Influence de la densité animale sur la concentration des coliformes fécaux dans les cours d'eau du Québec méridional, Canada », *Revue des sciences de l'eau*, vol. 24, no 4, p. 421-435.
10. **HAHN, R. H., D. C. LANDECK ET AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS** (1998). *ASAE standards 1998: Standards, engineering practices, data*. St. Joseph, Mich: American Society of Agricultural Engineers.
11. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « La qualité de l'eau et les usages récréatifs: les solutions pour la restauration: de l'assainissement à la protection », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/recreative/solution.htm (page consultée le 12 décembre 2019).
12. **BUSH, E., ET D.S. LEMMEN** (2019). *Rapport sur le climat changeant du Canada*, gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 978-0-660-30223-2, Cat. no En4-368/2019F-PDF, 446 p.
13. **BOLDUC, SAMUEL** (2008). *Des réseaux d'égout vulnérables aux changements climatiques*, Centre eau terre environnement, INRS, 5 p.
14. **QUÉBEC.** *Loi sur la qualité de l'environnement: LRQ chapitre Q-2, à jour au 1er février 2020*, [Québec], Éditeur officiel du Québec, C2020, 176 p.

Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

POISSONS

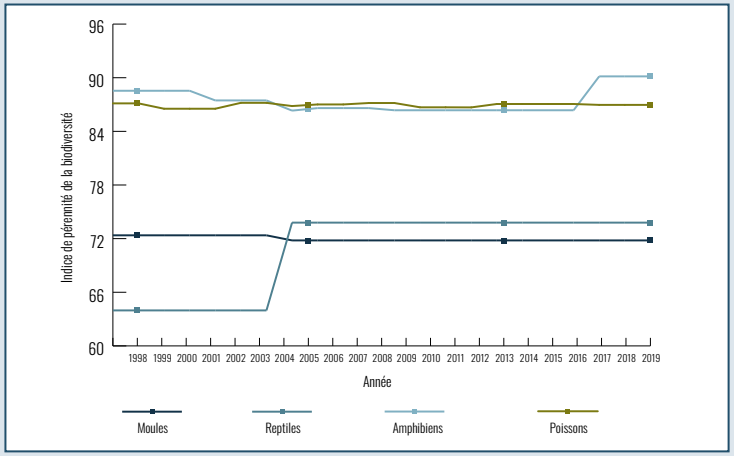
Au niveau des poissons, l'indice de pérennité est plutôt stable depuis le début de l'évaluation des rangs S (figure 1). En effet, l'influence des espèces largement réparties sur le territoire québécois et qui sont en bonne situation (S4 et S5, soit environ 79 % des espèces évaluées) assure un niveau plutôt élevé dans l'analyse de pérennité, depuis les premières évaluations (figure 2). De plus, le nombre d'espèces considérées comme en situation précaire (S1 à S3), qui était de 26 en 1998, a atteint un plateau à 30 en 2005 pour redescendre à 23 en 2019. On peut attribuer ces modifications aux actions de rétablissement, notamment l'acquisition de connaissances qui a permis de mieux évaluer l'état actuel de plusieurs espèces méconnues et rarement inventoriées.

Enfin, il est important de mentionner qu'en plus de la tendance de l'indice de pérennité, l'état de plusieurs espèces de poissons est critique au Québec. Sur les 109 espèces indigènes de poissons présentes, 3 sont désignées comme menacées et 5 sont désignées comme espèces vulnérables au Québec en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Québec* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)[23]. De plus, 15 espèces sont inscrites sur la liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables. Ainsi, 21 % des espèces indigènes de poissons du Québec sont considérées comme étant dans une situation précaire. Le processus de désignation de certaines espèces est en cours. On peut donc s'attendre à une augmentation du nombre d'espèces identifiées officiellement comme étant en situation précaire.

DESCRIPTION

L'indicateur « Rang S (poissons et moules d'eau douce) » est issu d'une analyse comparative entre les précédents calculs du rang de priorité de conservation S (pour *state* ou province, méthodologie de NatureServe[10]) concernant toutes les espèces indigènes de poissons (d'eau douce et diadromes) et de moules d'eau douce. Ces rangs ont été calculés en 1998, 2005, 2011 et 2019. Les calculs sont faits en choisissant la catégorie qui correspond le plus à la situation actuelle de l'espèce évaluée sur 8 critères différents. Les rangs varient entre S1 (espèce sévèrement en péril) et S5 (espèce largement répartie, abondante et stabilité démontrée). L'analyse comparative des rangs S permet de faire un état de la situation pour l'ensemble des espèces de poissons (d'eau douce et diadromes) et de moules d'eau douce présentes au Québec et de noter les variations d'une année de calcul à l'autre : l'indice de pérennité (encart « Méthodologie »).

Figure 1 Indice de pérennité des espèces aquatiques indigènes du Québec



Les lignes montrent les changements apportés aux rangs S (indice de pérennité) des espèces indigènes étroitement liées à l'eau (reptiles, amphibiens, moules d'eau douce et poissons) du Québec. Les points indiquent les années d'évaluation du rang S (à noter que certaines espèces ont reçu des révisions de leur rang S entre les années d'évaluation, ce qui explique la variation entre les points). Plus l'indice est élevé, plus les espèces du groupe sont en bon état.

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune aquatique**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Collaboration: **Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

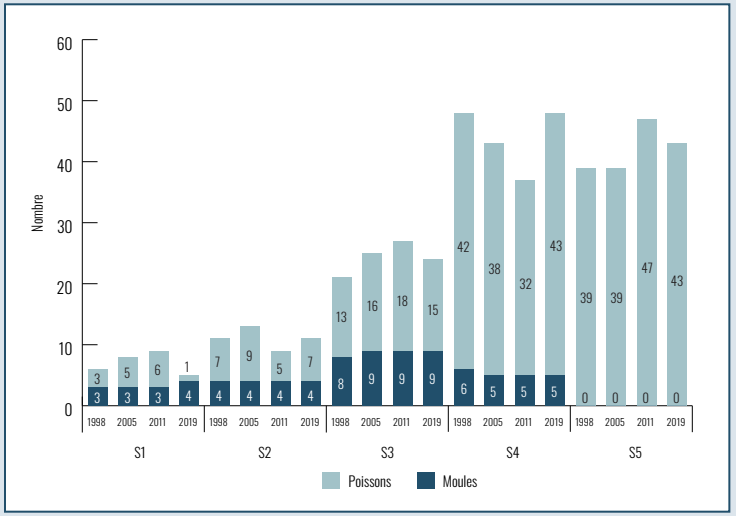
MOULES D'EAU DOUCE

En ce qui concerne les moules d'eau douce, l'indice de pérennité est stable depuis le début de l'évaluation des rangs S de ce groupe (figure 1), sauf pour la mulette-perlière de l'Est, dont le rang est passé de S4 à S3 en 2005. L'ajout d'une nouvelle espèce de moules découverte au Québec en 2016, l'anodonte papyracée de rang S1 (figure 1 et figure 2), n'a pas d'effet sur l'indice de pérennité en 2019 (figure 1), puisque le rang S1 a été attribué aux années précédentes, jugeant que l'espèce aurait eu la même précarité si elle avait été découverte avant.

Aucune espèce de moule d'eau douce n'a un rang S5 (large répartition, large abondance et stabilité démontrée) et le nombre d'espèces qui ont un rang S4 (apparemment stable) est passé de 6 en 1998 à 5 en 2005 et est resté stable depuis (figure 2), ce qui représente 23 % des espèces. Le nombre d'espèces considérées comme étant en situation précaire (S1 à S3) est passé de 15 (en 1998) à 16 en 2005. Ce plateau s'est maintenu jusqu'en 2018 inclusivement. En 2019, l'ajout d'une nouvelle espèce de rang S1 a fait monter ce nombre à 17 espèces précaires, ce qui représente 77 % des espèces de moules d'eau douce indigènes au Québec. Sur les 22 espèces indigènes de moules d'eau douce présentes au Québec, 8 sont inscrites sur la liste des espèces de la faune susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables en vertu de la LEMV. Ce sont l'alasmidonte rugueuse, l'anodonte du gaspareau, l'elliptio à dents fortes, l'elliptio pointu, la leptodée fragile, la mulette-perlière de l'Est, l'obovarie olivâtre et le potamile ailé. L'anodonte papyracée, également en situation précaire est candidate à être inscrite sur la prochaine liste.

Actuellement, huit des neuf espèces de rang S3 ne figurent pas sur la liste des espèces susceptibles et certaines d'entre elles seront potentiellement ajoutées comme candidates. Quant à l'obovarie olivâtre et à l'anodonte du gaspareau, ces deux espèces sont actuellement en processus de désignation en vertu de la LEMV. L'obovarie olivâtre est la seule espèce de moules inscrite à l'annexe I de la *Loi sur les espèces en péril*. Les moules d'eau douce constituent un des groupes d'espèces le plus en déclin en Amérique du Nord[12,13,14]. Le fait que le Québec constitue, en partie, la limite périphérique nord de la répartition globale de nos espèces et que 77 % de celles-ci sont en déclin démontre qu'il y a un besoin de travailler sur la conservation et le rétablissement des moules d'eau douce à l'échelle du Québec.

Figure 2 Évolution des rangs S des poissons d'eau douce et diadromes et des moules d'eau douce du Québec



L'indicateur du rang S (poissons et moules d'eau douce) est applicable à l'échelle de la province. Le rang est attribué à l'espèce et non à une population localisée.

PRESSIONS

Les pressions affectant la situation des espèces de poissons et de moules d'eau douce indigènes du Québec proviennent majoritairement d'activités anthropiques qui résultent en la destruction, la dégradation et la fragmentation des habitats fréquentés par ces espèces, l'introduction d'espèces envahissantes, mais aussi en une diminution des stocks de poissons qui a également un effet sur les moules, puisqu'elles dépendent d'espèces de poissons hôtes compatibles pour la transformation des larves en juvéniles[1,9,12,25]. Ces pressions sont prises en compte dans l'évaluation des rangs S de chaque espèce, ce qui paraît ensuite dans l'analyse de pérennité.

L'urbanisation, les eaux usées, les activités industrielles et agricoles ont différents effets sur les habitats aquatiques. L'empiètement du territoire aquatique limite la quantité et la qualité des habitats disponibles pour la faune. Par exemple, les habitats de fraie de la perchaude au lac Saint-Pierre ont grandement diminué au cours des dernières années dû à la conversion des zones inondables en terres agricoles[9]. De plus, la pollution modifie les paramètres physicochimiques naturels des habitats aquatiques au niveau de la disponibilité des nutriments (eutrophisation, débalancement des chaines trophiques, etc.)[1,7]. Par exemple, l'eutrophisation générée par un apport excédentaire en phosphore (provenant entre autres de surcharge en engrais) peut faire diminuer la quantité d'herbiers qui sont essentiels à la reproduction d'espèces, comme le méné d'herbe[7]. La pollution engendrée par les rejets d'usines d'épuration peut avoir des répercussions sur le développement des poissons et des moules d'eau douce. Par exemple, certains perturbateurs endocriniens pourraient limiter le développement sexuel de certaines espèces[4,12,14]. Étant des organismes filtreurs d'une grande longévité, les moules d'eau douce accumulent les diverses substances dans l'organisme, dont les métaux lourds, les substances chimiques industrielles et pharmaceutiques. Les effets chroniques des polluants sur la santé et la reproduction sont bien documentés (écotoxicologie). De nombreux produits toxiques ont des effets sublétaux, tels que la perturbation des cycles hormonaux, la modification du comportement ou la réduction du taux métabolique. À long terme, les effets cumulés peuvent avoir de profondes répercussions sur la survie et la croissance[12,14].

La pollution qui résulte en la sédimentation du substrat a un effet direct sur la disponibilité des sites de fraie de nombreuses espèces de salmonidés et de percidés qui fraient sur le gravier ou le sable[1-6,8,16,17,18]. Lorsque ce substrat bien oxygéné est couvert par des sédiments fins, il devient moins perméable à l'oxygène, nuisant directement au développement des œufs[1,2,3,5,6,8]. La mulette-perlière de l'Est, dont le poisson hôte principal de ses larves est le saumon atlantique, est particulièrement sensible à la sédimentation. Les juvéniles de cette espèce ont besoin d'un substrat bien oxygéné

ENCART

MÉTHODOLOGIE*

Rang de priorité de conservation

La révision des rangs de priorité pour les poissons, les moules d'eau douce et l'herpétofaune du Québec (rangs S) est un processus cyclique qui est répété environ tous les 7 ans. Il est basé sur un calcul de l'état global de la situation de chaque espèce selon les huit critères suivants: la superficie de la zone d'occurrence (*range Extent*), la superficie de la zone d'occupation (*area of occupancy*), le nombre d'occurrences, la taille de la population, l'intégrité écologique des occurrences ou du pourcentage de l'aire d'occupation, la tendance à court terme (projection sur les 20 prochaines années), la tendance à long terme (au cours des 200 dernières années) et l'impact des menaces. Les rangs utilisés pour l'indice sont S1 (sévèrement en péril), S2 (en péril), S3 (vulnérable), S4 (largement répartie, abondante et apparemment hors de danger, mais il demeure des causes d'inquiétude à long terme) et S5 (largement répartie, abondante et stabilité démontrée).

Indice de pérennité

L'indice de pérennité (indice du changement des rangs S), calculé pour les espèces fauniques indigènes intimement liées à l'eau, intègre un impact plus sévère d'une espèce qui passe de S3 à S2, comparée à une espèce qui passe de S5 à S4. Une fonction logarithmique permet d'accorder plus d'importance aux changements pour les espèces très précaires. Ainsi, une espèce de rang S1 qui devient S2 augmente son indice de 22% tandis qu'une espèce de rang S4 qui devient S5 augmente son indice de 10%. À noter que l'indice est ajusté à une échelle de 0 à 100. Un indice élevé représente une communauté peu précaire et pérenne tandis qu'un indice faible reflète la précarité d'une communauté. Un indice de pérennité de 100 représente seulement des espèces ayant un rang S5.

La méthodologie est basée sur l'étude de Quayle et collab. (2007)[21].

et non compacté de particules fines pour se développer[23,25]. Enfin, l'utilisation de certains insecticides (notamment le BTi) pourrait nuire à la disponibilité des proies des poissons insectivores[3].

Au niveau des espèces exploitées, la pêche commerciale et sportive peut avoir un effet sur la résilience des populations en réduisant les stocks. Cependant, la gestion durable des pêches permet de moduler les quotas et les prises quotidiennes afin de maintenir la disponibilité des stocks. Cette pression est donc contrôlée et contrôlable, mais pourrait affecter la pérennité des populations de poissons[16,17,18].

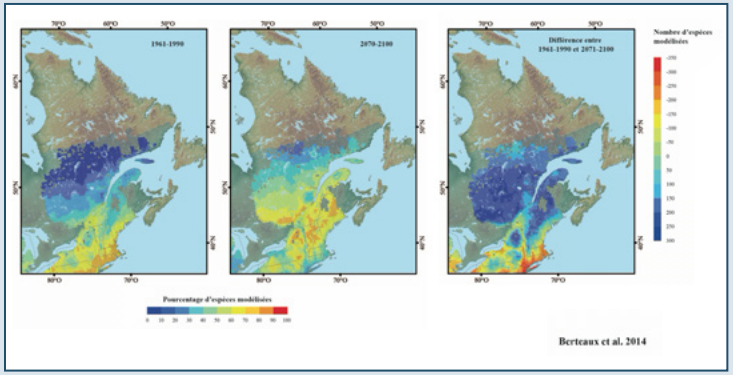
La présence d'espèces exotiques envahissantes vient modifier les rôles trophiques en compétitionnant pour les mêmes ressources que les espèces indigènes et en détruisant leurs habitats. C'est notamment le cas de certaines carpes asiatiques qui détruisent les herbiers en s'alimentant dans le substrat et du gobie à tache noire, qui est en compétition directe avec les petits percidés (fouille-roche gris, raseux-de-terre noir et gris)[1,3,4,6,7]. L'introduction des moules zébrées et quaggas dans les Grands Lacs et dans le fleuve Saint-Laurent à la fin des années 1980 et au début des années 1990 est une cause majeure du déclin des moules d'eau douce dans le fleuve et la rivière Richelieu[12-14]. La moule zébrée introduite récemment dans le lac Memphrémagog aura un effet sur les moules indigènes du bassin versant de la rivière Saint-François.

Les infrastructures de transport (routes, ponts, calvettes, etc.) ont un effet sur les régimes d'écoulement de l'eau et peuvent modifier le substrat et fragmenter les habitats. Certaines de ces infrastructures deviennent des obstacles infranchissables, notamment pour les espèces de petits poissons n'ayant pas de grandes capacités natatoires, lorsqu'ils ne sont pas conçus de façon optimale[1,3,6].

Les barrages peuvent avoir un effet direct sur la pérennité des espèces de poissons et de moules parce qu'ils fragmentent et modifient les habitats par la gestion des niveaux d'eau et limitent les migrations de poissons. Les barrages réduisent le potentiel de reproduction des moules et les isolent génétiquement, en constituant des obstacles majeurs aux déplacements des poissons hôtes essentiels à leur reproduction et à leur dispersion[12-14, 23-25]. De plus, les barrages hydroélectriques sont susceptibles d'engendrer des mortalités par turbinage, notamment pour l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*)[15].

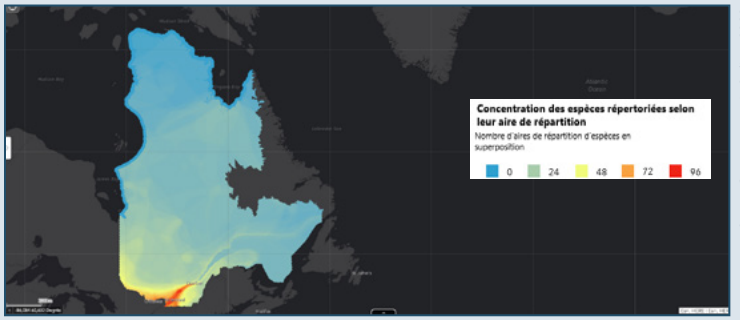
La navigation commerciale et de plaisance peut avoir un effet négatif sur la reproduction et le comportement des poissons par le dérangement sonore. De plus, le batillage détruit les herbiers aquatiques[4,7].

Figure 3 Effets potentiels sur 765 espèces modélisées des changements climatiques prévus entre 1961-1990 et 2071-2100



Berteaux et ses collaborateurs (2014) ont modélisé les effets potentiels des changements climatiques sur 765 espèces fauniques et floristiques, en comparant la différence entre le pourcentage d'espèces répertoriées de la période 1961-1990 et la période 2070-2100 (voir les deux cartes sur la 1re ligne). Le résultat (voir la carte sur la 2e ligne) montre que, vers le nord, le nombre d'espèces augmentera, alors que ce sera l'inverse vers le sud (Berteaux et collab., 2014).

Figure 4 Carte de la biodiversité des espèces de poissons d'eau douce et diadrome du Québec



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Cette carte présente les différentes aires de répartition superposées des espèces de poissons du Québec. Notez la grande concentration des espèces dans le sud de la province. Les zones bleues présentent une faible biodiversité, alors que les zones rouges montrent une concentration élevée d'espèces différentes. Il est possible qu'une même espèce se porte bien près de la limite nordique de son aire de répartition, là où les pressions peuvent être moindres, alors que son état est précaire dans le sud.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Il est actuellement difficile de savoir quelles seront les répercussions des changements climatiques sur les poissons d'eau douce et diadromes et les moules d'eau douce indigènes du Québec, mais leur impact va nécessairement nuire à leur capacité à résister aux autres pressions. Une des conséquences des changements climatiques est une augmentation de l'instabilité du climat, et de nombreux scénarios indiquent que les vagues de chaleur, les périodes de sécheresse et les épisodes de précipitations abondantes seront de plus en plus fréquents. La modification des températures et des régimes de précipitations pourrait engendrer des changements du régime d'écoulement et des fluctuations des niveaux d'eau, ce qui pourrait réduire la qualité des habitats de faible profondeur utilisés par plusieurs espèces, dont le fouille-roche gris, le dard de sable et le méné d'herbe[1,3,7] et des moules d'eau douce. L'augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes pourrait déstabiliser la force des cohortes de plusieurs espèces, notamment l'éperlan arc-en-ciel[2]. En contrepartie, l'accroissement des températures pourrait être bénéfique aux espèces situées à la limite nordique de leur aire de répartition. C'est notamment le cas du fouille-roche gris, puisque sa répartition est possiblement limitée par des températures d'eau trop froides[1].

La hausse du niveau marin et la baisse du débit du Saint-Laurent causées par les changements climatiques risquent de provoquer une remontée du front de salinité, situé actuellement entre l'île aux Coudres et l'île d'Orléans[11,12]. Celle-ci pourrait perturber les écosystèmes particuliers de cette zone, l'habitat n'offrant plus les conditions essentielles à l'établissement des moules d'eau douce.

L'augmentation des épisodes de précipitations abondantes peut modifier les habitats. Les frayères des poissons peuvent être endommagées ou détruites et les juvéniles peuvent être entraînés vers l'aval. Les sédiments en suspension dans l'eau lors des crues nuisent à l'alimentation et peuvent également ensevelir les moules. Les forts courants peuvent arracher les moules du substrat et les entraîner en aval dans des habitats parfois moins propices. Les roches ou les autres matériaux composant le substrat qui sont emportés par le courant peuvent casser ou écraser les coquilles[12]. Lors d'une période de sécheresse persistante, la température de l'eau augmente et la profondeur de l'eau ainsi que la vitesse du courant diminuent. La baisse de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau et l'augmentation de la concentration des polluants organiques et inorganiques, normalement dilués dans un plus grand volume d'eau, nuisent aux moules et aux poissons. La diminution

FORCES

- Urbanisation[1 à 7,9]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[1 à 7]
- Pêche commerciale[4,20]
- Pêche récréative ou de subsistance[2,5,8,16,17,18]
- Infrastructures de transport[1 à 7]
- Activités industrielles[1 à 7,12,13,14]
- Activités forestières[8]
- Activités agricoles[1 à 7,9,12,13,14]
- Gestion des barrages[1,3,4,6,12,13,14]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[4,19]
- Navigation commerciale sur le Saint-Laurent[19]
- Espèces exotiques envahissantes[1,3,4,6,7,12,13,14]

IMPACTS

- Perte d'un patrimoine naturel ou archéologique québécois[26]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)[12]
- Perte ou limitation de la pêche commerciale[12,14]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1 à 7,12 à 14,23 à 25]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[1 à 7,12 à 14]
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[1 à 7]
- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)[1 à 7]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[1 à 7,12 à 14]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[1 à 7,12 à 14]
- Diminution de la biodiversité pour les espèces d'eau froide
- Impact sur la résilience des espèces en situation précaire

de la profondeur de l'eau les rend plus susceptibles à la prédation. Les moules peuvent se retrouver hors de l'eau, se déshydrater et mourir. Le manque d'oxygène dissous dans l'eau nuit à la respiration ainsi qu'à la croissance, réduit les réserves de glycogène et peut compromettre la reproduction des organismes[12]. Le niveau d'eau très bas dans le fleuve Saint-Laurent lors des étés 2010 et 2012 a engendré la mortalité massive de moules d'eau douce, entre autres au lac Saint-Pierre et dans son archipel, dans des secteurs considérés comme des refuges[12,14].

Les tendances indiquent, avec un niveau de confiance élevé, qu'à l'horizon 2050 les étiages estivaux seront plus sévères et plus longs et l'hydraulicité estivale sera plus faible pour le Québec méridional[11,12], ce qui aura un effet certain sur les espèces qui privilégie les eaux fraîches bien oxygénées[23,25], dont la mulette-perlière de l'Est, espèce en déclin, ainsi que certaines espèces de poisson d'eau froide (salmonidés dont l'omble chevalier oquassa[8]) qui n'auraient pas les capacités natatoires nécessaires à la migration vers des zones plus tempérées.

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r. 35)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) (RLRQ, c. Q-2, a. 22)
- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)[12]
  - *Règlement sur les permis de pêche* (RLRQ, c. C-61.1, r. 20.2)
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)
  - *Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (REFMVH) (RLRQ, c. E-12.01, r. 2)
- *Loi sur les pêcheries commerciales et la récolte de végétaux aquatiques* (RLRQ, c. P-9.01)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)[12]

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les espèces en péril du Canada* (LEP) (L.C. 2002, ch. 29)[12]
- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)[12]
  - *Règlement sur les autorisations relatives à la protection du poisson et de son habitat* (DORS/2019-286)
  - *Règlement de pêche du Québec* (DORS/90-214)[12]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)[24,25]

AUTRES

- Accompagnement des MRC et municipalités
- Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ)
- Rapports et publications de sensibilisation[12]
- Recherche gouvernementale
- Réintroduction d'espèces[25]
- Réseaux de suivi

POUR EN SAVOIR PLUS...

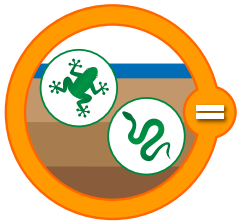
- *Element Occurrence Data Standard*[27]
  https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard

RÉFÉRENCES

1. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET PETITS PERCIDÉS DU QUÉBEC** (2019). *Plan de rétablissement du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec, 2019-2029*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 41 p.
2. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL, POPULATION DU SUD DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT** (2019). *Plan de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) au Québec, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent, 2019-2029*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 40 p.
3. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET PETITS PERCIDÉS DU QUÉBEC** (2019). *Bilan du rétablissement du dard de sable (*Ammocrypta pellucida*) au Québec pour la période 2007-2018*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 46 p.
4. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU CHEVALIER CUIVRÉ DU QUÉBEC** (2012). *Plan de rétablissement du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) au Québec, 2012-2017*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Faune Québec, 54 p.
5. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL, POPULATION DU SUD DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT** (2019). *Bilan du rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) au Québec, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent pour la période 2008-2016*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 58 p.
6. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET PETITS PERCIDÉS DU QUÉBEC** (2019). *Bilan du rétablissement du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec pour la période 2001-2016*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 60 p.
7. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET DES PETITS PERCIDÉS** (2012). *Plan de rétablissement du méné d'herbe (*Notropis bifrenatus*) au Québec, 2012-2017*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Faune Québec, 34 p.
8. **RIVIÈRE, T., M. ARVISAIS, D. BANVILLE ET M.-A. COUILLARD** (2018). *Rapport sur la situation de l'omble chevalier oquassa (*Salvelinus alpinus oquassa*) au Québec*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 50 p.
9. **LÉVESQUE, ANN, J. DUPRAS ET J.-F. BISSONNETTE** (2019). « The pitchfork or the fishhook: a multi-stakeholder perspective towards intensive farming in floodplains », *Journal of Environmental Planning and Management*, DOI: 10.1080/09640568.2019.1694872.
10. **NATURESERVE**, 2019. « An Online Encyclopedia of Life », dans le site de NatureServe Explorer, [En ligne], http://www.natureserve.org/explorer/ (page consultée le 20 septembre 2019).
11. **CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC** (CEHQ) (2015). *Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050*, Québec, 81 p.
12. **PAQUET, A., N. DESROSIERS ET A. L. MARTEL** (2018). *Rapport sur la situation de l'anodonte du gaspareau (*Anodonta implicata*) au Québec*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 54 p.
13. **COSEPAC** (2011). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur l'obovarie olivâtre (*Obovaria olivaria*) au Canada*. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Xi + 52 p.
14. **BOUVIER, L.D., A. PAQUET ET T.J. MORRIS** (2013). *Information à l'appui de l'évaluation du potentiel de rétablissement de l'obovarie olivâtre (*Obovaria olivaria*) au Canada*. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Doc. de recherche 2013/041, v + 47 p.
15. **DESROCHERS, D.** (1995). *Suivi de la migration de l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) au complexe Beauharnois, 1994, [par] MILIEU et Associés inc., [pour] le service Milieu naturel*, Vice-présidence environnement, Hydro-Québec, 107 p.
16. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2014). *Synthèse du plan de gestion du touladi au Québec 2014-2020*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, Québec, 11 p.

RÉFÉRENCES (SUITE)

17. **ARVISAIS, M., Y. PARADIS ET I. THIBAULT** (2016). *Plan de gestion du doré au Québec, 2016-2026*, Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, 14 p.
18. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2016). *Plan de gestion du saumon atlantique 2016-2026*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, Québec, 40 p.
19. **WEILGART, L.** (2018). *The impact of ocean noise pollution on fish and invertebrates*. Report for OceanCare, Switzerland. 34 p.
20. **CARON, F., P. DUMONT, Y. MAILHOT ET G. VERREAULT** (2006). *État des stocks d'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) au Québec en 2004*. 2e édition révisée. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Direction de la recherche sur la faune, Québec, 34 p.
21. **QUAYLE, JAMES F., LEAH R. RAMSAY ET DAVID F. FRASER** (2007). « Trend in the Status of Breeding Bird Fauna in British Columbia, Canada, Based on the IUCN Red List Index Method », *Conservation Biology*, vol. 21, no 5, p. 1241-1247.
22. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS.** *Guide d'application du Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État*, Gouvernement du Québec, [En ligne], mffp.gouv.qc.ca/RADF/guide.
23. **GEIST, J., ET K. AUERSWALD** (2007). « Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (Margaritifera margaritifera) », *Freshwater Biology*, 52: 2299-2319
24. **ZANATTA, D.T., B.C. STOECKLE, K. INOUE, A. PAQUET, A.L. MARTEL, R. KUEHN ET J. GEIST** (2018). « High genetic diversity and low differentiation in North Amercian Margaritifera margaritifera (Bivalvia: Unionida: Margaritiferidae) », *Biological Journal of the Linnean Society*, 14 p.
25. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (en préparation). Mulette-perlière de l'Est : influence du barrage du lac Matane sur la population en amont et étude phylogénique, Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques.
26. **BEAULIEU, HÉLÈNE** (1992). *Liste des espèces de la faune vertébrée susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, ISBN 2-550-27104-1, 107 p.
27. **NATURESERVE**, 2002. *Element Occurrence Data Standard*. NatureServe et Network of Natural Heritage – Programs and Conservation Data Centers, 201 p., [En ligne], https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard.



Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)

ÉTAT

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Maintien

La figure 1 présente l'indice de pérennité des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau. Voici les espèces concernées, avec leur dernière évaluation de rang S indiquée entre parenthèses, qui a été effectuée en 2019:

Pour les amphibiens, les espèces considérées sont le crapaud d'Amérique (S5), la grenouille des bois (S4), la grenouille des marais (S4), la grenouille du Nord (S4), la grenouille léopard (S4), la grenouille verte (S4S5), le necture tacheté (S3), le ouaouaron (S4S5), la rainette crucifère (S4), la rainette faux-grillon boréale (S2), la rainette faux-grillon de l'Ouest (S2), la rainette versicolore (S4), la salamandre à deux lignes (S5), la salamandre à points bleus (S4S5), la salamandre à quatre orteils (S3), la salamandre cendrée (S4), la salamandre maculée (S4S5), la salamandre pourpre (S3), la salamandre sombre des montagnes (S2S3), la salamandre sombre du Nord (S4) et le triton vert (S4).

Pour les reptiles, les espèces considérées sont la couleuvre d'eau (S3), la tortue des bois (S3), la tortue géographique (S3), la tortue mouchetée (S2S3), la tortue musquée (S2S3), la tortue peinte (S4), la tortue serpentine (S4) et la tortue-molle à épines (S1).

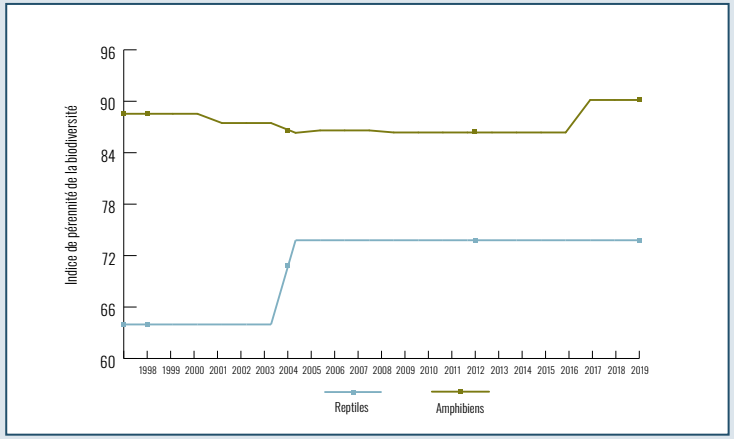
Parmi toutes ces espèces, seulement deux ont actuellement un rang S5.

Au fur et à mesure que les évaluations de rang S sont effectuées, on remarque une fluctuation dans l'indice de pérennité. Cela met en lumière que, si un nombre élevé d'espèces se voient attribuer un changement draconien dans leur rang S, un changement sera facilement détectable dans la tendance de l'indice de pérennité.

DESCRIPTION

L'indicateur est issu d'une analyse comparative entre les précédents calculs du rang de précarité S (« S » pour *state* ou province; ci-après « rang S ») concernant les espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau. La valeur attribuée au rang suit la méthodologie de NatureServe[10]. Les calculs sont faits en choisissant la catégorie qui correspond le plus à la situation actuelle de l'espèce évaluée sur huit critères. Les années de calculs sont 1998, 2005, 2012 et 2019. Cette analyse permet de tirer un état de la situation pour ces espèces dépendantes de l'eau. Elle s'appuie sur l'indice de changement des rangs S attribués aux espèces d'une année de calcul à l'autre: l'indice de pérennité (encart Méthodologie).

Figure 1 Indice de pérennité des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau



Les lignes montrent la variation de l'indice de changement du rang S, ou indice de pérennité, attribué aux espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau. Les points indiquent les années d'évaluation du rang S (à noter que certaines espèces ont reçu des révisions de leur rang S entre les années d'évaluation, ce qui explique la variation entre les points).

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

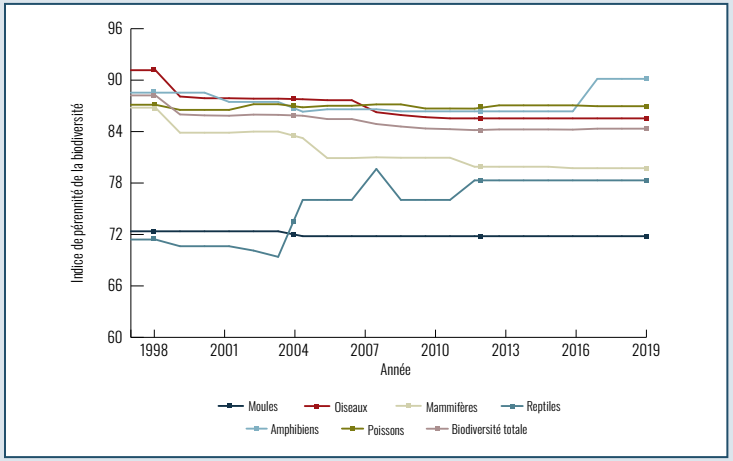
La tendance de l'indice pour le groupe des amphibiens et pour le groupe des reptiles a été montrée séparément (figure 1). Si une comparaison devait être faite entre ces deux groupes, on pourrait en déduire que, généralement, les espèces d'amphibiens du Québec sont en meilleure situation que celles de reptiles qui sont étroitement liées à l'eau. Par contre, il est important de noter que l'on retrouve ici deux groupes d'espèces fauniques particulièrement en danger au Québec, voire au monde. En effet, l'état de plusieurs espèces d'herpétofaune est critique au Québec. Sur les 36 espèces indigènes d'amphibiens et de reptiles présentes au Québec, 5 sont désignées comme menacées et 4 sont désignées comme vulnérables au Québec en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Québec* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01). De plus, 11 espèces sont inscrites sur la liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables. Ainsi, 56 % des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec sont considérées comme étant dans une situation précaire. À titre comparatif, le pourcentage est d'environ 20% pour les mammifères, de moins de 15 % pour les poissons marins et d'eau douce et de moins de 6% pour les oiseaux.

Bien sûr, il faut prendre en considération que l'état de la situation de ces espèces ne repose pas uniquement sur la qualité des plans d'eau qu'elles fréquentent, bien que ces derniers soient essentiels à leur survie. Pour plus de détails à ce propos, consultez la section « Pressions ».

Le portrait de l'évolution de l'indice de pérennité pour l'ensemble de la biodiversité faunique indigène du Québec dont nous disposons d'une évaluation de rangs S est présenté à la figure 2. Les seuls invertébrés considérés dans cette figure correspondent aux espèces de moules d'eau douce qui sont suivies par le personnel du MFFP. En comparant les deux figures, on s'aperçoit rapidement que l'état des reptiles étroitement liés à l'eau est bien en dessous de celui des autres groupes d'espèces évalués, hormis les moules d'eau douce. Le Québec n'ayant que peu d'espèces de reptiles, et encore moins d'espèces étroitement liées à l'eau, le changement de rang S vers des valeurs de précarité plus élevées pour cette catégorie se traduit en une variation flagrante de l'indice, alors que pour une catégorie comme les poissons d'eau douce indigènes et diadromes, avec 109 espèces, un changement de rang S vers des valeurs plus précaires pour un nombre d'espèces équivalent se retrouve moins bien représenté.

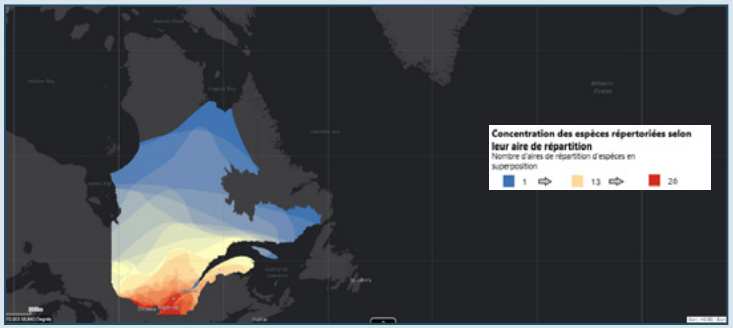
Enfin, il est important de considérer que l'indice de pérennité est applicable à l'échelle de la province seulement. Le rang S est attribué à l'espèce et non à une population localisée. Il est possible qu'une même espèce se porte bien près de la limite nordique de son aire de répartition, là où les pressions peuvent être moindres, alors que son état est beaucoup plus précaire dans le sud, où la présence anthropique est concentrée. La figure 3 montre l'état de la biodiversité des espèces d'herpétofaune qui sont étroitement liées à l'eau au Québec.

Figure 2 Indice de pérennité de la biodiversité indigène du Québec



Les lignes montrent la variation de l'indice de changement du rang S, ou indice de pérennité, attribué à l'ensemble de la biodiversité faunique indigène du Québec. La ligne représentant les reptiles intègre ainsi plus d'espèces que dans la figure 1, puisqu'on considère maintenant les espèces qui ne sont pas étroitement liées à l'eau, comme la plupart des espèces de couleuvres.

Figure 3 Carte d'état de la biodiversité des espèces d'herpétofaune qui sont étroitement liées à l'eau au Québec



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Cette carte présente les différentes aires de répartition superposées des espèces d'herpétofaune étroitement liées à l'eau du Québec. Notez la grande concentration des espèces dans le sud de la province. Les zones bleues présentent une faible biodiversité, alors que les zones rouges montrent une concentration élevée d'espèces différentes.

PRESSIONS

Plusieurs forces peuvent créer des pressions susceptibles de modifier l'état de la situation d'une espèce indigène d'amphibien ou de reptile au Québec[1,2,3,4,5,6,7,8,9,12]. Ce changement d'état se reflète dans l'évaluation du rang S de l'espèce concernée, soit l'élément à la base de l'indicateur en question ici. Ces pressions sont liées principalement à la destruction, la dégradation et la fragmentation des habitats fréquentés par ces espèces. Ces habitats font souvent partie des écosystèmes aquatiques. En diminuant le nombre et la qualité des milieux naturels humides, lacustres et fluviatiles essentiels à ces espèces, l'état de leurs populations se détériore. Leur rang S augmente en niveau de précarité, modifiant ainsi le présent indicateur. Toutefois, bien qu'elles soient dépendantes des écosystèmes aquatiques, ces espèces sont sensibles à d'autres pressions non reliées à ces milieux, comme la mortalité associée au passage des automobiles et à la machinerie agricole ou encore la collecte, la garde en captivité et le commerce illégal.

L'indicateur se calcule en intégrant les rangs S de toutes les espèces d'herpétofaune indigènes du Québec qui sont étroitement liées à l'eau, qu'elles soient actuellement désignées par la LEMV ou non. Pour les besoins de ce document, les pressions présentées sont associées aux principales espèces d'herpétofaune en situation précaire au Québec.

Pour la rainette faux-grillon de l'Ouest, l'urbanisation, par le développement résidentiel, industriel et commercial, est la cause principale de la dégradation de son habitat. On retrouve aussi l'intensification de l'agriculture, ayant mené au remblayage, au drainage, au nivellement des terres et au déboisement des milieux naturels. La modification de l'écoulement naturel de l'eau par les barrages de castor nuit au succès de reproduction de l'espèce. Les rejets de fertilisants et de pesticides dans les milieux naturels altèrent la qualité de l'eau et peuvent nuire au développement des rainettes, comme le nitrate des engrais qui est problématique pour l'éclosion des œufs et la croissance des têtards. La colonisation des plans d'eau par des espèces végétales exotiques envahissantes est problématique pour les amphibiens, parce que ces espèces peuvent assécher les milieux et amener d'autres conséquences néfastes. C'est le cas du nerprun cathartique qui produit un composé secondaire, l'émodine, qui peut accroître la gravité des malformations et le taux de mortalité des embryons lorsqu'il se retrouve dans les sites de reproduction[1].

ENCART

MÉTHODOLOGIE*

Rang de priorité de conservation

La révision des rangs de priorité pour les poissons, les moules d'eau douce et l'herpétofaune du Québec (rangs S) est un processus cyclique qui est répété environ tous les 7 ans. Il est basé sur un calcul de l'état global de la situation de chaque espèce selon les 8 critères suivants: la superficie de la zone d'occurrence (*range Extent*), la superficie de la zone d'occupation (*area of occupancy*), le nombre d'occurrences, la taille de la population, l'intégrité écologique des occurrences ou du pourcentage de l'aire d'occupation, la tendance à court terme (projection sur les 20 prochaines années), la tendance à long terme (au cours des 200 dernières années) et l'impact des menaces. Les rangs utilisés pour l'indice sont S1 (sévèrement en péril), S2 (en péril), S3 (vulnérable), S4 (largement répartie, abondante et apparemment hors de danger, mais il demeure des causes d'inquiétude à long terme) et S5 (largement répartie, abondante et stabilité démontrée).

Indice de pérennité

L'indice de pérennité (indice du changement des rangs S), calculé pour les espèces fauniques indigènes intimement liées à l'eau, intègre un impact plus sévère d'une espèce qui passe de S3 à S2, comparée à une espèce qui passe de S5 à S4. Une fonction logarithmique permet d'accorder plus d'importance aux changements pour les espèces très précaires. Ainsi, une espèce de rang S1 qui devient S2 augmente son indice de 22% tandis qu'une espèce de rang S4 qui devient S5 augmente son indice de 10%. À noter que l'indice est ajusté à une échelle de 0 à 100. Un indice élevé représente une communauté peu précaire et pérenne tandis qu'un indice faible reflète la précarité d'une communauté. Un indice de pérennité de 100 représente seulement des espèces ayant un rang S5.

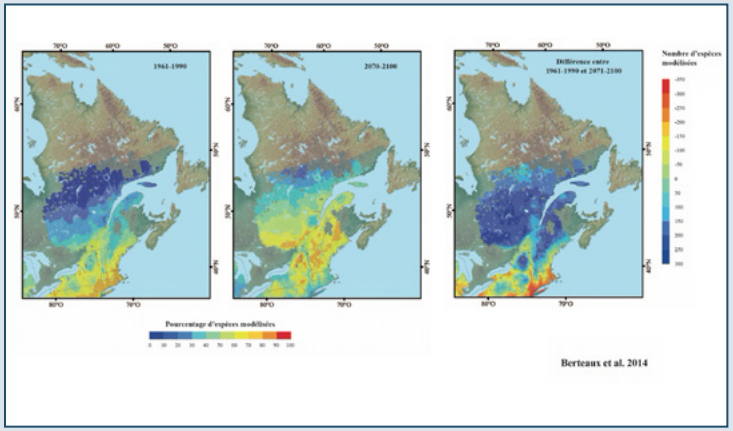
* La méthodologie est basée sur l'étude de Quayle et collab. (2007)[9]

Pour les principales espèces de tortues d'eau douce en situation précaire au Québec, à savoir la tortue mouchetée, la tortue musquée, la tortue géographique, la tortue des bois et la tortue-molle à épines, les pressions qui sont davantage susceptibles de faire modifier leur rang S sont grandement liées à la perte et à la dégradation de leurs habitats, dont la modification intensive des rives, ainsi qu'à la mortalité et aux blessures associées aux activités nautiques. La composante aquatique de ces habitats est très importante pour ces espèces. Une baisse de qualité des écosystèmes aquatiques peut se refléter rapidement dans le déclin des populations, donc la modification de leur rang S. Même la tortue des bois, soit la plus terrestre des tortues d'eau douce du Québec, demeure une tortue semi-aquatique qui s'éloigne rarement à plus de 200 m d'un cours d'eau et qui utilise le milieu aquatique à longueur d'année. Comme pour toutes les tortues, les cours d'eau qu'elle fréquente doivent demeurer limpides.

L'hiver, les tortues d'eau douce du Québec hibernent au fond de l'eau, soit directement dans le lit du cours d'eau, soit dans des terriers de rats musqués, dans des souches immergées ou encore sous une berge en saillie. Comme elles ne respirent alors que par la peau, il est essentiel que la tenure en oxygène de ces milieux aquatiques soit élevée et qu'ils soient exempts de polluants[2,3,4,5,6,7].

La contrainte physiologique imposée par la respiration cutanée de certaines salamandres de ruisseaux, dont la salamandre pourpre et la salamandre sombre des montagnes, rend ces espèces particulièrement sensibles à toute modification, détérioration et perte d'habitat aquatique. Au Québec, le développement à des fins résidentielles, récréotouristiques, minières et de production d'énergie et le captage de l'eau souterraine à des fins résidentielles, agricoles et commerciales constituent actuellement les menaces les plus importantes à la survie de ces espèces. La contamination de la nappe phréatique, le pompage des eaux à des fins commerciales et l'assèchement des sources d'eau sont particulièrement nocifs pour les salamandres, car elles ne tolèrent pas les milieux secs. L'exploitation forestière, notamment par l'intensification des coupes forestières, la pollution et la sédimentation dans les cours d'eau, ainsi que l'introduction ou l'ensemencement de poissons représentent également des menaces sérieuses pour les salamandres[8,9]. La couleuvre d'eau est inscrite sur la liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables. Il s'agit de l'espèce de couleuvre la plus étroitement associée au milieu aquatique. Excellente nageuse, elle fréquente le bord des rivières, des ruisseaux, des étangs et des lacs. Cette espèce serait également sensible à la pollution environnementale comme les résidus toxiques de pesticides et les métaux lourds, ainsi qu'à la perte et la fragmentation des habitats occasionnées par le développement industriel et résidentiel et les travaux de stabilisation des berges[12].

Figure 4 Effets potentiels sur 765 espèces modélisées des changements climatiques prévus entre 1961-1990 et 2071-2100



Berteaux et ses collègues (2014) ont modélisé les effets potentiels des changements climatiques sur 765 espèces fauniques et floristiques, en comparant la différence entre le pourcentage d'espèces répertoriées de la période 1961-1990 et la période 2070-2100 (voir les deux cartes sur la 1re ligne). Le résultat (voir la carte sur la 2e ligne) montre que, vers le nord, le nombre d'espèces augmentera alors que ce sera l'inverse vers le sud (Berteaux et collab., 2014).

FORCES

- Urbanisation[1 à 9]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[1 à 9]
- Infrastructures de transport[1 à 9]
- Activités industrielles[1 à 9]
- Activités forestières[1 à 9]
- Activités agricoles[1 à 9]
- Gestion des barrages[1 à 9]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[1 à 9]
- Prélèvements d'eau[8,9]
- Espèces exotiques envahissantes[1,8,9]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques entraîneront des mouvements potentiels d'aires de répartition vers le Nord de plusieurs espèces fauniques et floristiques. La figure 4 met en lumière ce constat[16]. On remarque que, dans le Sud, le nombre d'espèces serait en diminution, alors que vers le nord ce nombre augmenterait. Cette situation peut s'expliquer par le fait que certaines espèces retrouveront les températures adéquates à leur survie plus vers le nord qu'autrefois, ce qui les poussera à migrer vers le nord.

C'est le cas des tortues, pour lesquelles l'aire de répartition est affectée par les conditions climatiques. Il est estimé que, pour la majorité des espèces de tortues, l'aire de répartition devrait se déplacer vers les pôles pour que les conditions climatiques dans leurs habitats demeurent similaires à celles d'aujourd'hui[15]. Le Québec se trouve dans une région où la richesse en espèces de tortues pourrait donc augmenter à la suite du déplacement ou de l'extension d'aires de répartition vers les pôles. Les changements climatiques permettraient également aux espèces de tortues déjà présentes au Québec d'étendre leur aire de répartition au nord de leur limite actuelle.

La densité de tortues, comme celle de beaucoup d'autres espèces[13], est plus élevée dans le centre de leur répartition que près de leur limite nordique de répartition[14]. Il est donc probable que la taille des populations au Québec augmente avec les changements climatiques. Cela peut s'expliquer par une croissance accélérée, un meilleur succès de reproduction et une maturité sexuelle plus hâtive dans un environnement plus chaud[2,3,4,5,6]. Actuellement, les impacts des changements climatiques ne sont pas encore documentés comme un facteur de dégradation de l'habitat actuel de la plupart des tortues du Québec, bien que des impacts considérables soient appréhendés dans le futur. Les crues peuvent occasionner des déplacements involontaires de tortues par lessivage ou même des mortalités. Pour certaines espèces, les crues estivales plus fréquentes pourraient tuer les œufs dans les nids creusés près des rivières. Bien que les œufs soient adaptés pour survivre à des épisodes de pluies intenses avec une brève saturation du sol en eau, l'érosion causée par les crues pourrait lessiver certains œufs ou dénuder certains nids[2,3,4,5,6].

Les effets des changements climatiques qui semblent être les plus problématiques pour la rainette faux-grillon de l'Ouest sont ceux qui sont associés au cycle hydrologique. La sécheresse et le réchauffement peuvent causer un déclin des populations en réduisant le nombre et la qualité des étangs temporaires qui sont vitaux pour son développement.

IMPACTS

- Perte d'un patrimoine naturel ou archéologique québécois[11]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1 à 9]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[2,3,4,5,6]
- Redoux hivernaux plus fréquents
  (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[1]
- Tempêtes plus intenses et fréquentes
  (ex.: vents, verglas)[2,3,4,5,6]
- Changements du régime hydrologique
  (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[2,3,4,5,6,7,8]
- Températures ambiantes plus élevées
  (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[1,7,8]

Au Québec, cette problématique est difficile à évaluer puisque l'espèce vit où l'hydrologie dépend en partie des activités humaines. Cependant, l'hydropériode devrait être raccourcie, en raison d'une diminution des précipitations sous forme de neige, une fonte plus rapide au printemps et des épisodes prolongés de sécheresse. Ainsi, le succès reproducteur de l'espèce devrait être à la baisse. Ces changements pourraient également entraîner un taux de mortalité plus élevé chez les têtards[1].

Les salamandres de ruisseaux seront de plus en plus affectées par les changements climatiques. Une augmentation de précipitations intenses, séparées par de plus longues périodes de sécheresse, aura comme effet d'altérer la qualité des cours d'eau fréquentés par les salamandres. Certains ruisseaux pourraient disparaître ou se retrouver avec des niveaux d'eau qui ne correspondent plus au besoin des salamandres, qui devront changer d'habitat. L'augmentation du débit et de la fréquence des crues associées aux épisodes de précipitations extrêmes risque d'accroître la mortalité des salamandres au moment de la métamorphose, en emportant les individus ou en lessivant les nids. Les habitats de reproduction et d'hivernage pourraient être détruits ou leur accessibilité compromise[7,8].

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r. 35) [2,3,4,5,6,7,8]

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Canada)

- Politique sur la conservation des terres humides

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (chapitre C-6.2) (Loi sur l'eau)
- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)
- *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (LAU) (RLRQ, c. A-19.1)
- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) (RLRQ, c. Q-2, a. 22)[1,2]
  - *Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques* (R.Q c. Q-2, r. 9.1)[1]
- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)[1,2,3,4,5,6,7,8]
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)[1,2,3,4,5,6,7,8]
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)[1,2,3,4,5,6,7 8]
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)[1,2,3,4,5,6,7,8]
  - *Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (REFMVH) (RLRQ, c. E-12.01, r. 2)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)[1,2,3,4,5,6,7,8]

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les espèces en péril du Canada* (LEP) (L.C. 2002, ch. 29)[1,2,3,4,5,6,7,8]
- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)[2,3,4,5,6]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)
- Plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF)
- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de la production des Plans régionaux des milieux humides et hydriques
- Financement de projets de restauration et d'aménagement d'habitats
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert

AUTRES

- Campagnes d'éradication d'espèces exotiques envahissantes
- Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ)[1,2,3,4,5,6,7,8]
- Réseaux de suivi

POUR EN SAVOIR PLUS...

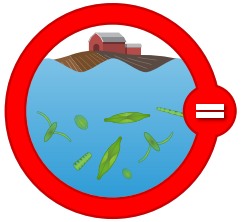
- Element Occurrence Data Standard[17]
  https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard
- Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes[18]
  https://www.editionsmichelquintin.ca/produit/1298-amphibiens-et-reptiles-du-quebec-et-des-maritimes-souple-.html
- Turtles of the United States and Canada[14]
  https://jhupbooks.press.jhu.edu/title/turtles-united-states-and-canada
- Frogs of the United States and Canada[19]
  https://jhupbooks.press.jhu.edu/title/frogs-united-states-and-canada-2-vol-set
- Changements climatiques et biodiversité du Québec: vers un nouveau patrimoine nature[16]
  http://cc-bio.uqar.ca/images/extrait.pdf

RÉFÉRENCES

1. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE LA RAINETTE FAUX-GRILLON DE L'OUEST DU QUÉBEC** (2019). *Plan de rétablissement de la rainette faux-grillon de l'Ouest (Pseudacris triseriata), 2019-2029*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 65 p., [En ligne], https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/PL_retablissement_Rainette_faux_grillon_2019-2029.pdf.
2. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2019). *Plan de rétablissement de la tortue des bois (*Glyptemys insculpta*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 57 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/plan_retablissement_tortue-des-bois_2020-2030.pdf.
3. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2020). *Plan de rétablissement de la tortue mouchetée (*Emydoidea blandingii*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 52 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/especes/plan_retablissement_tortue-mouchetee_2020-2030.pdf.
4. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2020). *Plan de rétablissement de la tortue géographique (*Graptemys geographica*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 60 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/especes/plan_retablissement_tortue-geographique_2020-2030.pdf.
5. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la tortue musquée (*Sternotherus odoratus*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.
6. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2020). *Plan de rétablissement de la tortue-molle à épines (*Apalone spinifera*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 51 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/plan_retablissement_tortue-molle-a-epines_2020-2030.pdf.
7. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES SALAMANDRES DE RUISSEAUX DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la salamandre sombre des montagnes (*Desmognathus ochrophaeus*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.
8. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES SALAMANDRES DE RUISSEAUX DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la salamandre pourpre (*Gyrinophilus porphyriticus*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.
9. **QUAYLE, JAMES F., LEAH R. RAMSAY ET DAVID F. FRASER** (2007). « Trend in the Status of Breeding Bird Fauna in British Columbia, Canada, Based on the IUCN Red List Index Method », *Conservation Biology*, vol. 21, nº 5, p. 1241-1247.
10. **NATURESERVE**, 2019. « An Online Encyclopedia of Life », dans le site de *NatureServe Explorer*, [En ligne], http://www.natureserve.org/explorer/ (page consultée le 20 septembre 2019).
11. **BEAULIEU, HÉLÈNE** (1992). *Liste des espèces de la faune vertébrée susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, ISBN 2-550-27104-1, 107 p.
12. **MFFP** (2001). « Couleuvre d'eau », dans le site du MFFP de la Liste des espèces désignées comme menacées ou vulnérables au Québec, [En ligne], https://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=70 (page consultée le 23 septembre 2019).
13. **JAREMA, S. I., J. SAMSON, B. J. MCGILL ET M. M. HUMPHRIES** (2009). « Variation in abundance across a species' range predicts climate change responses in the range interior will exceed those at the edge: a case study with North American beaver », *Global Change Biology*, 15(2): 508-522.
14. **ERNST, C. H., ET J. E. LOVICH** (2009). *Turtles of the United States and Canada*, 2nd Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, 827 p.
15. **IHLOW, F., J. DAMBACH, J. O. ENGLER, M. FLECKS, T. HARTMANN, S. NEKUM, H. RAJAEI ET D. RÖDDER** (2012). « On the brink of extinction? How climate change may affect global chelonian species richness and distribution », *Global Change Biology*, 18(5): 1520-1530.
16. **BERTEAUX, D., N. CASAJUS ET S. DE BLOIS** (2014). *Changements climatiques et biodiversité du Québec: vers un nouveau patrimoine naturel*, Presses de l'Université du Québec, Québec, 202 p.
17. **NATURESERVE** (2002). *Element Occurrence Data Standard*. NatureServe et Network of Natural Heritage - Programs and Conservation Data Centers, 201 p., [En ligne], https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard
18. **RODRIGUE, D., ET J.-F. DESROCHES** (2018). Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes, édition revue et augmentée, Éditions Michel Quintin, Montréal (Québec), 375 p. , [En ligne], https://www.editionsmichelquintin.ca/produit/1298-amphibiens-et-reptiles-du-quebec-et-des-maritimes-souple-.html.
19. **DODD, C. K.** (2013). Frogs of the United States and Canada, 2 vol. set (Vol. 1), JHU Press., [En ligne], https://jhupbooks.press.jhu.edu/title/frogs-united-states-and-canada-2-vol-set.

RIVIÈRES

- Communautés de diatomées benthiques dans les petits cours d'eau en milieu agricole
- Communautés de macroinvertébrés benthiques - substrat grossier
- Communautés de macroinvertébrés benthiques - substrat meuble
- Contaminants émergents: le cas des composés perfluorés
- Degré de naturalité des cours d'eau
- État des écosystèmes riverains
- Hydraulicité: Q moyen annuel
- Indice de qualité morphologique (IQM)
- Indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes
- Métaux en cours d'eau
- Pesticides dans les cours d'eau en milieu agricole
- Physicochimie et bactériologie des cours d'eau en milieu agricole
- Physicochimie et bactériologie des tributaires du fleuve
- Plantes aquatiques exotiques envahissantes
- Population de sauvagine
- Qualité bactériologique des eaux de baignade des plages participant au programme Environnement-Plage
- Radionucléides artificiels dans les eaux de surface et souterraines
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)
- Régime d'écoulement: crues
- Régime d'écoulement: étiages
- Sels de voirie - chlorures et ions majeurs associés
- Seuil de conservation du saumon



Communautés de diatomées benthiques dans les petits cours d'eau en milieu agricole

ÉTAT

État: Mauvais
Tendance: Maintien

Depuis 2008, le MELCC participe à la mise en place de projets de gestion intégrée de l'eau par bassin versant dans des bassins versants (1,3 à 343 km²) à vocation surtout agricole (15 % à 97 %), en partenariat avec plusieurs organisations. Son mandat est d'assurer le suivi de l'état de santé de l'écosystème aquatique des cours d'eau visés par les projets. À cet effet, le MELCC supervise ou réalise différents suivis, tels que les suivis de la qualité de l'eau, ainsi que les suivis de l'intégrité biotique des communautés de diatomées et de macroinvertébrés benthiques [1] [2] (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/surveillance.htm). Le suivi annuel des diatomées benthiques a varié de 10 à 65 stations de 2008 à 2019. Des résultats de ces projets ont été publiés en 2011[1] et en 2014[3] (mise à jour en 2016). Une description plus complète de l'IDEC et de son interprétation est fournie dans un guide d'utilisation[2] et dans d'autres publications ayant mené au développement de l'indice[4 à 6, 9 à 12].

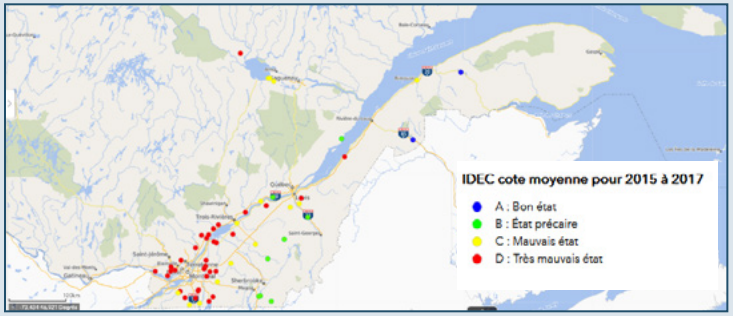
ÉTAT ACTUEL – 2015-2017

La valeur moyenne de l'IDEC et la classe de l'indice pour la période 2015-2017 sont présentées pour chacune des 59 stations échantillonnées (figure 1 ; figure 2). Parmi celles-ci, seulement deux stations (3 %) font partie de la classe A, soit les stations en aval du ruisseau Saint-Laurent et de la rivière aux Perches, toutes deux situées dans la région du Bas-Saint-Laurent (Appalaches). Seule la station du ruisseau Saint-Laurent a toujours été dans la classe A durant cette période. Cette classe est associée à un bon état biologique, correspondant à des conditions oligotrophes à oligo-mésotrophes, et représente le niveau d'intégrité biologique à atteindre (biocritère). Huit stations (14 %) font partie de la classe B qui est associée à un état précaire, correspondant à des conditions oligo-mésotrophes à mésotrophes. Ces stations présentent des signes de dégradation. Les stations en bon état et en état précaire sont situées principalement dans les Appalaches. Quatorze stations (24 %) font partie de la classe C et 35 stations (59 %) sont associées à la classe D, soit plus des trois

DESCRIPTION

Les communautés de diatomées benthiques (algues microscopiques) intègrent les variations de la qualité de l'eau des quatre à cinq semaines précédant l'échantillonnage. Elles diffèrent surtout en fonction des concentrations en nutriments, en matière organique, ainsi que de la conductivité (minéraux dissous) et du pH. L'indice diatomées de l'Est du Canada (IDEC v.3) est calculé à partir de l'abondance relative des espèces et de leur tolérance aux perturbations. Les valeurs varient de 0 à 100 et se divisent en quatre classes d'intégrité biologique (A : bon état à D : très mauvais état)[2]. L'état récent de petits cours d'eau à vocation surtout agricole est déterminé à partir de la classe de l'IDEC à l'étiage estival, pour la période 2015-2017 (valeur moyenne d'IDEC). L'état biologique global est déterminé par le pourcentage de stations dont la classe d'IDEC est en bon état (classe A). La tendance globale des cinq dernières années est établie en comparant la classe d'état biologique global de la période 2010-2012 avec la classe de la période 2015-2017.

Figure 1 Classe moyenne de l'indice diatomées de l'Est du Canada (IDEC) pour la période 2015-2017



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Classe de l'indice diatomées de l'Est du Canada (IDEC; v.3), pour la période 2015-2017, pour 59 petits cours d'eau à vocation principalement agricole.

Rédigée par: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Collaboration: **Direction de l'agroenvironnement et du milieu hydrique**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

quarts des stations. Ces classes regroupent les stations en mauvais et très mauvais état, correspondant à des conditions méso-eutrophes et eutrophes. Les stations de ces classes sont situées principalement dans les basses-terres du Saint-Laurent. Ces valeurs d'IDEC montrent que ces cours d'eau ont connu, au cours des semaines précédant l'échantillonnage, des conditions où les concentrations en nutriments, en matière organique ou la conductivité (minéraux dissous) ou le pH étaient élevés[2,3,12]. Les communautés de diatomées de ces cours d'eau se comparent à celles qui ont été trouvées dans les cours d'eau les plus dégradés de l'est du Canada, soit aux communautés des milieux dégradés ayant mené au développement de l'IDEC[2,12]. Elles sont très affectées par les activités humaines et composées d'espèces tolérantes à la pollution. Les plus faibles valeurs d'IDEC ont été observées à la station en aval de la rivière des Hurons (valeur de 4), située dans le bassin versant de la rivière Richelieu (Montérégie), et aux stations en aval des ruisseaux La Corne et Bibeau (toutes deux une valeur de 5), situés respectivement dans les bassins versants des rivières Mascouche et Bayonne (Lanaudière).

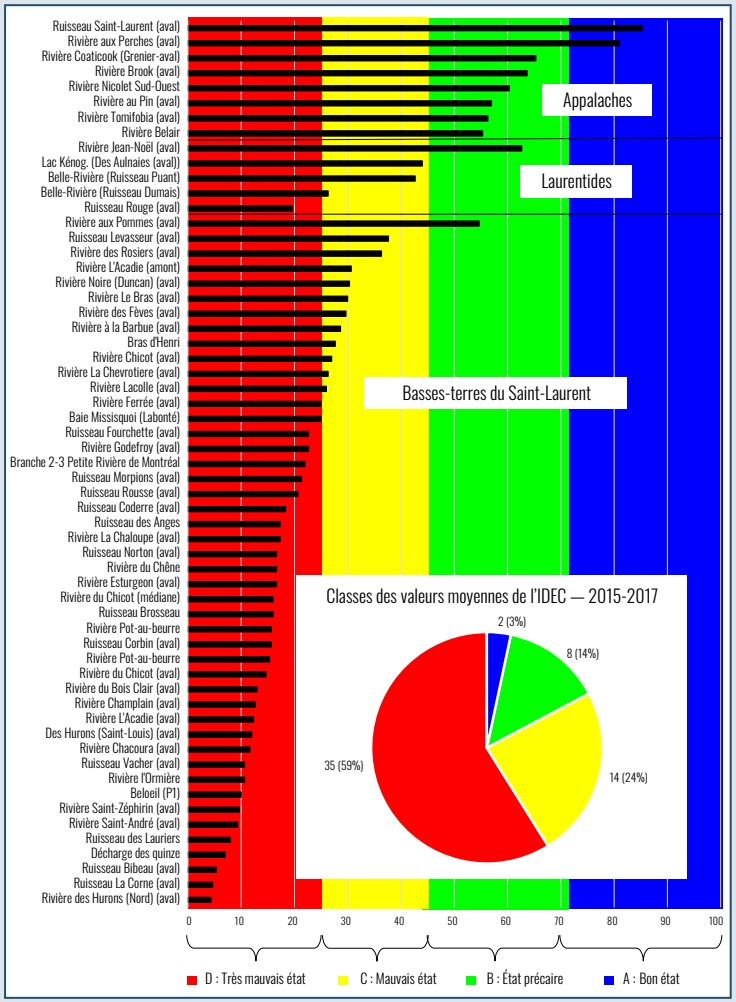
Les rivières L'Acadie (bassin versant de la rivière Richelieu) et du Chicot (bassin versant de la rivière des Mille Îles) ont chacune deux stations sur le cours d'eau, permettant d'établir une progression du niveau d'intégrité. D'amont en aval, sur environ 40 km, la rivière L'Acadie subit une dégradation de 19 points, passant d'un mauvais (classe C) à un très mauvais état (classe D). La rivière du Chicot se maintient de sa portion médiane à aval (sur environ 20 km), demeurant en très mauvais état (classe D).

Considérant que 3 % des stations sont en bon état (classe A), l'état global de ces 59 cours d'eau à vocation surtout agricole est donc considéré mauvais.

TENDANCE SUR 5 ANS

Moins de stations ont été échantillonnées pour les diatomées pour la période 2010-2012 qu'en 2015-2017, ce qui ne permet pas une comparaison directe entre les deux périodes. Toutefois, si l'on compare les valeurs disponibles à 43 stations communes, on observe que les valeurs de l'IDEC augmentent en moyenne de 4 valeurs (amélioration) en 2015-2017, ce qui fait toutefois partie de la variabilité naturelle ou intrinsèque à la méthode (5 valeurs d'IDEC et moins)[8]. Vingt de ces 43 stations ont connu une augmentation moyenne de plus de 5 valeurs d'IDEC, ce qui montre des signes d'amélioration. Toutefois, seul un changement de classe d'IDEC illustre une modification significative du niveau d'intégrité biotique, et ce changement doit perdurer. Une seule station a connu une diminution moyenne d'une classe d'IDEC (rivière Jean-Noël; Capitale-Nationale), 36 stations n'ont pas connu de changement et six stations ont connu une augmentation moyenne d'une

Figure 2 Valeur et classe moyenne d'IDEC pour la période 2015-2017



Valeur moyenne et classe de l'indice diatomées de l'Est du Canada (IDEC; v.3), pour la période 2015-2017, pour 59 petits cours d'eau à vocation principalement agricole.

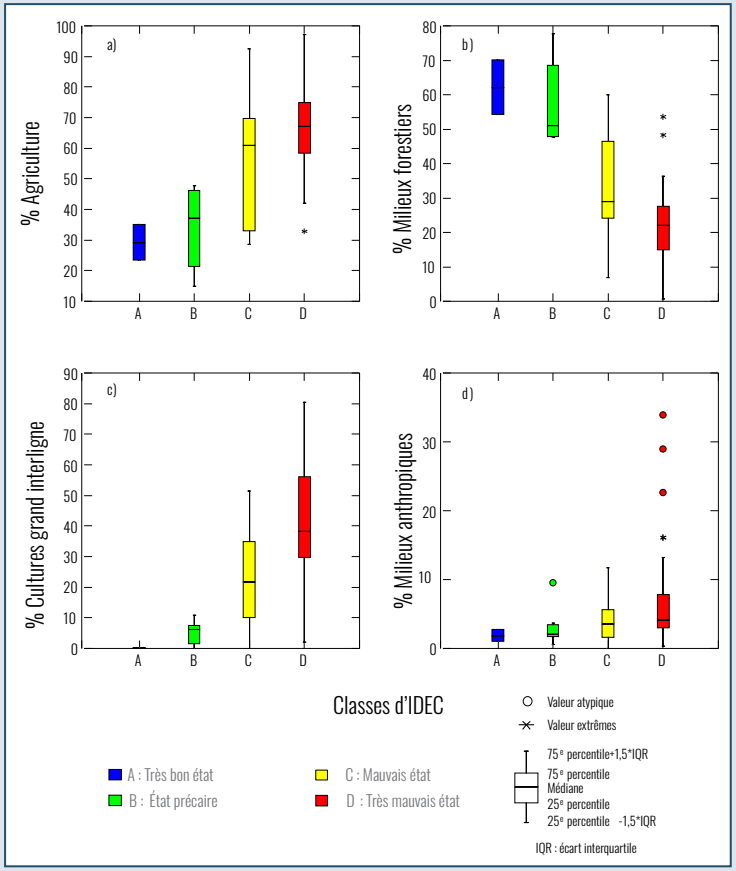
classe. Parmi ces six stations, cette amélioration semble perdurer pour les stations en aval de la rivière du Chicot (région des Laurentides) et du ruisseau des Fèves, situé dans le bassin versant de la rivière Châteauguay (Montérégie). Celles-ci ont connu une augmentation moyenne de 17 et 8 valeurs d'IDEC respectivement entre ces deux périodes, passant d'un très mauvais état (classe D) à un mauvais état (classe C). La station en aval de la rivière Brook, située dans le bassin versant de la rivière Saint-François (Estrie), a connu une augmentation moyenne de 15 valeurs, ce qui montre une amélioration notable, mais demeure en état précaire (classe B). **L'état biologique global de ces 43 cours d'eau était généralement mauvais en 2010-2012, donc s'est maintenu en 2015-2017.**

PRESSIONS

Les communautés de diatomées benthiques intègrent les variations physicochimiques de l'eau sur une période d'environ un mois[10]. Elles peuvent donc détecter des pollutions passagères, discontinues et diffuses, ce que peuvent difficilement accomplir des mesures physicochimiques ponctuelles ou les organismes ayant un cycle de vie plus long que celui des diatomées, tels que les macroinvertébrés benthiques et les poissons. L'intégration de la physicochimie de l'eau par les communautés de diatomées rend l'utilisation de l'IDEC particulièrement appropriée pour le suivi des petits cours d'eau, dont la qualité de l'eau est souvent très variable, en raison des variations importantes de débit[10].

Les activités agricoles menées dans les bassins versants de ces cours d'eau (15 % à 97 % en superficie) semblent affecter les communautés de diatomées, donc l'intégrité biotique de la base de la chaîne alimentaire. En effet, pour la période de 2015-2017, 83 % des stations sont en mauvais et très mauvais état (classes C et D), correspondant à des conditions méso-eutrophes et eutrophes. Les bassins versants de ces stations sont occupés à 64 % par des activités agricoles (valeur médiane ; varie de 29 % à 97 %), dont à 35 % par des cultures annuelles à grand interligne, telles que le maïs, le soja et les cultures maraîchères. Ainsi, généralement plus la proportion d'agriculture (R^2 = 0,37 ; p < 0,01 ; figure 3a) et de cultures annuelles à grand interligne (R^2 = 0,39 ; p < 0,01 ; figure 3c) est élevée dans le bassin versant, plus la valeur d'IDEC est faible. Considérant le lien étroit entre les concentrations en nutriments et les valeurs d'IDEC, ces constats sont en accord avec ceux de Hébert et Blais[7] suggérant que le territoire agricole explique en grande partie les variations dans les concentrations en nutriments des cours d'eau québécois. Selon

Figure 3 Classes de l'indice diatomées de l'Est du Canada (IDEC) en fonction de l'occupation du territoire



La proportion d'agriculture (a), de milieux forestiers (b), de cultures à grand interligne (c) et de milieux anthropiques (d) en fonction des classes d'IDEC. Seules les variables ayant une relation significative ($p \leq 0,01$) avec les valeurs d'IDEC sont présentées.

ceux-ci, les concentrations médianes d'azote total et de nitrates des rivières québécoises semblent liées davantage à la proportion des superficies totales cultivées des bassins versants, alors que les concentrations médianes en phosphore total semblent liées principalement à la proportion de cultures annuelles des bassins versants (grand interligne et interligne étroit, p. ex.: céréales). C'est en quelque sorte la proportion de territoire qui reçoit des fertilisants qui contrôle les concentrations d'éléments nutritifs des rivières. Les valeurs d'IDEC vont en ce sens, car elles suggèrent que ces cours d'eau ont connu des pressions, notamment issues du milieu agricole. Les valeurs de phosphore total disponibles en 2012 à 45 des stations présentement à l'étude montraient également le lien étroit entre les valeurs d'IDEC, les concentrations médianes estivales en phosphore total et le territoire agricole[3].

Les milieux urbains et anthropisés sont également plus présents dans les bassins versants en mauvais (classe C) et très mauvais (classe D) état biologique, occupant 4 % du territoire (valeur médiane; varie de 0 % à 34 %). Plus la superficie du milieu urbain est importante dans le bassin versant, plus la valeur d'IDEC est faible (R^2 = 0,33; p = 0,01; figure 3d). Les eaux de rejet provenant de stations d'épuration, les eaux pluviales, les eaux de procédés industriels et les débordements des ouvrages de surverse constituent notamment des sources de nutriments et de sels dissous (p. ex.: sels de voirie) qui contribuent à modifier la composition des communautés de diatomées[2].

Finalement, plus les pressions en provenance des milieux urbains et agricoles combinés sont importantes dans le bassin versant, plus la valeur d'IDEC est faible (R^2 = 0,48; p < 0,01).

L'inverse se produit pour la proportion de couvert forestier, car plus celui-ci est important dans le bassin versant, plus la valeur d'IDEC est élevée (R^2 = 0,52; p < 0,01; figure 3b). En effet, 17 % des stations sont en bon état et en état précaire (classes A et B), ce qui correspond à des conditions oligotrophes à mésotrophes. Les bassins versants de ces stations sont occupés à 54 % (valeur médiane; varie de 48 % à 78 %) par des milieux forestiers.

Le lien entre les pressions des milieux agricoles et urbains, la qualité de l'eau et les communautés de diatomées benthiques a été établi dans plusieurs publications, notamment au Québec[1,3 à 5, 9 à 12].

L'ensemble des pressions induites par le milieu agricole sur la qualité de l'eau peut être consulté dans la fiche Physicochimie et bactériologie des cours d'eau à vocation agricole.

FORCES

- Urbanisation
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[14,15]
- Activités industrielles[15]
- Activités agricoles[14,15,18]

IMPACTS

- Contamination de l'eau potable
- Problèmes d'approvisionnement en eau pour des activités agricoles et industrielles[16]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)
- Altération des facteurs esthétiques de l'eau potable
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[13,20]
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[13,20]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[13,20]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[13,20]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les communautés de diatomées intègrent principalement les variations des concentrations en nutriments, des minéraux dissous, de la matière organique, ainsi que de la conductivité et du pH[2,9 à 12]. Par conséquent, toute dégradation dans ces paramètres de la qualité de l'eau, induite par les changements climatiques, aura un effet sur la composition des espèces de diatomées. Elle aura pour effet d'augmenter la proportion d'espèces tolérantes aux perturbations, par rapport à celles y étant sensibles, donc de diminuer davantage les valeurs d'IDEC.

En effet, les modifications du régime de la température et des précipitations projetées dans le contexte des changements climatiques pourraient entraîner des changements du régime hydrique, allant dans le sens d'une diminution des débits d'étiage estivaux des cours d'eau et d'une augmentation des débits d'étiage hivernaux[13,20]. Cette diminution des débits d'étiage estivaux pourrait donc accroître les concentrations des contaminants durant cette période, donc diminuer le niveau d'intégrité biotique. À l'inverse, une augmentation de la fréquence, de l'intensité ou de la durée des précipitations durant la période estivale pourrait entraîner une hausse de la fréquence et de l'intensité des crues. Cette hausse des précipitations pourrait également contribuer à la détérioration de la qualité de l'eau et du niveau d'intégrité biotique, en augmentant les apports de sources diffuses liés à l'érosion et au ruissellement de surface.

En milieu agricole, l'augmentation probable de la fréquence et de l'intensité des précipitations estivales risque d'accroître les apports des contaminants de sources diffuses liées à l'érosion, au ruissellement de surface et au drainage des sols agricoles, tel que le phosphore, donc ultimement de diminuer le niveau d'intégrité biotique durant cette période. La capacité réduite de dilution des contaminants présents dans l'eau, causée par une diminution du débit d'étiage des cours d'eau, risque d'engendrer un effet similaire.

En milieu urbain, une capacité réduite de dilution en période d'étiage ferait en sorte que les eaux usées traitées seraient moins diluées, entraînant ainsi une hausse des concentrations de certains contaminants auxquels sont sensibles les communautés de diatomées. Une augmentation de la fréquence et de l'intensité des précipitations pourrait également accroître les apports de sources diffuses liés au ruissellement de surface des eaux pluviales, de même que la fréquence de débordements des ouvrages de surverse des réseaux d'égouts municipaux[13], donc contribuer à la détérioration de la qualité de l'eau et des communautés biologiques y étant associées.

ENCART

IDEC ET SQE

Un projet mené en 2019 et 2020 dans le cadre de la Stratégie québécoise sur l'eau (SQE) vise à évaluer le niveau d'intégrité à environ 230 stations du réseau-rivières à l'aide de l'IDEC, en collaboration avec l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR; prof. Stéphane Campeau) et l'Institut national de la recherche scientifique – Centre eau, terre et environnement (INRS-ETE; prof. Isabelle Lavoie). Ce projet vise à mettre à jour l'état de la situation de l'intégrité des stations du réseau-rivières, 15 ans après que le premier état eut été réalisé, en 2002-2003.

Par conséquent, sans mesure de restauration visant à réduire les apports en nutriments et en minéraux dissous dans les cours d'eau, le niveau d'intégrité biotique de la base de la chaîne alimentaire (dont les valeurs d'IDEC) pourrait vraisemblablement diminuer en raison des changements climatiques.

Les changements climatiques risquent d'engendrer une augmentation de la variabilité de la physicochimie de l'eau mesurée dans certains cours d'eau, surtout dans les cours d'eau à réponse hydrologique rapide. Cette augmentation de la variabilité pourrait rendre plus complexe un suivi adéquat de la qualité de l'eau. Ainsi, l'intégration des variations de la physicochimie de l'eau par les communautés de diatomées rend l'utilisation de l'IDEC particulièrement appropriée dans un contexte de changements climatiques.

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r. 35)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) (RLRQ, c. Q-2, a. 22)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)
  - *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* (R.Q. c. Q-2, r. 22)[27]
  - *Règlement sur les exploitations agricoles* (R.Q c. Q-2, r. 26) (REA)[25]
  - *Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées* (R.Q. c. Q-2, r. 34.1)
  - *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (R.Q c. Q-2, r. 35.2)
  - *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (R.Q. c. Q-2, r. 40)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF)[21]
- Programme d'assainissement des eaux du Québec, 1978[25]

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de campagnes d'échantillonnage ponctuelles
- Financement de la production et mise en œuvre des Plans directeurs de l'eau
- Financement de la production des Plans régionaux des milieux humides et hydriques
- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert[22,23]
- Programme pour une protection accrue des sources d'eau potable (PPASEP)

AUTRES

- Accompagnement des MRC et municipalités
- Développement et mise à jour d'atlas
- Rapports et publications de sensibilisation
- Recherche gouvernementale
- Réseaux de suivi
- Accompagnement du milieu agricole

POUR EN SAVOIR PLUS...

- *Atlas hydroclimatique du Québec méridional*[19]
  http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/CruesPrintanieres/Q1max2P.htm
- *Atlas climatique du Canada* (changements climatiques projetés dans les principales villes du Canada: Québec, Montréal et Ottawa)[20]
  https://atlasclimatique.ca/accueil
- Plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF)[21]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/
- Programme d'aide à l'amélioration de la gestion des fumiers (PAAGF)[22]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA)[23]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/
- *Règlement sur les exploitations agricoles*[24]
  http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2026
- *Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées*[25]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/ouvrages-municipaux/reglement2013.htm
- *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées*[26]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/residences_isolees/reglement.htm

RÉFÉRENCES

1. **CAMPEAU, S., R. DUBUC, M. GRENIER ET T. ROUSSEAU-BEAUMIER** (2011). *Suivi des cours d'eau des projets collectifs agricoles à l'aide de l'indice IDEC (2008-2010)*. Rapport déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Université du Québec à Trois-Rivières, 17 p.
2. **CAMPEAU, S., I. LAVOIE ET M. GRENIER** (2013). *Le suivi de la qualité de l'eau des rivières à l'aide de l'indice IDEC – Guide d'utilisation de l'indice diatomées de l'est du Canada (version 3)*. Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 25 p.
3. **DENAULT, J.-T., ET S. BÉLANGER-COMEAU** (2014). *Suivi de la santé de l'écosystème aquatique des projets de gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu agricole: bilan de 2008 à 2012*. Mise à jour 2014. Québec: ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction des politiques agroenvironnementales, ISBN: 978-2-550-71641-9 (PDF), 16 p. + 5 ann.
4. **GRENIER, M.** (2010). *Évaluation du niveau d'intégrité biologique des rivières du Québec à partir de l'Approche par conditions de référence et du système GIBSI (Gestion intégrée des bassins versants à l'aide d'un système informatisé)*. Thèse de doctorat déposée à l'Institut national de la recherche scientifique, Centre eau, terre et environnement (INRS-ETE), 269 p. + 6 annexes.
5. **GRENIER, M., I. LAVOIE, A. N. ROUSSEAU ET S. CAMPEAU** (2010). « Defining ecological thresholds to determine class boundaries in a bioassessment tool: the case of the Eastern Canadian Diatom Index (IDEC) ». *Ecological Indicators*, vol. 10, nº 5, p. 980-989.
6. **GRENIER, M., S. LEK, M. A. RODRIGUEZ, A. N. ROUSSEAU ET S. CAMPEAU** (2010). « Algae-based Biomonitoring: Predicting Diatom Reference Communities in Unpolluted Streams using Classification Trees, Random Forests, and Artificial Neural Networks ». *Water Quality Research Journal of Canada*, vol. 45, nº 4, p. 413-425.
7. **HÉBERT, S., ET D. BLAIS** (2017). *Territoire et qualité de l'eau: développement de modèles prédictifs*. Direction générale du suivi de l'état de l'environnement et Direction de l'expertise en biodiversité, ISBN 978-2-550-77770-0 (PDF), 30 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/Rapport_Qualite_Territoire.pdf.
8. **LACOURSIÈRE, S., I. LAVOIE, M.A. RODRIGUEZ ET S. CAMPEAU** (2011). « Modeling the response time of diatom assemblages to simulated water quality improvement and degradation in running waters ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 68: 487-497.

RÉFÉRENCES (SUITE)

9. **LAVOIE, I., S. CAMPEAU, M. GRENIER ET P. J. DILLON** (2006). « A diatom-based index for the biological assessment of Eastern Canadian rivers: an application of correspondence analysis ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 63, nº 8, p. 1793-1811.
10. **LAVOIE, I., F. DARCHAMBEAU, G. CABANA ET P. J. DILLON ET S. CAMPEAU** (2018). « Are diatoms good integrators of temporal variability in stream water quality? » *Freshwater Biology*, vol. 53, 827-841.
11. **LAVOIE, I., M. GRENIER, S. CAMPEAU ET P. J. DILLON** (2010). « The Eastern Canadian Diatom Index (IDEC) version 2.0: Including meaningful ecological classes and an expanded coverage area that encompasses additional geological characteristics ». *Water Quality Research Journal of Canada*, vol. 45, nº 4, p. 463-477.
12. **LAVOIE, I., S. CAMPEAU, N. ZUGIC-DRAKULIC, J. G. WINTER ET C. FORTIN** (2014). « Using diatoms to monitor stream biological integrity in Eastern Canada: an overview of 10 years of index development and ongoing challenges ». *Science of The Total Environment*, vol. 475, p. 187-200.
13. **OURANOS** (2010). *Savoir s'adapter aux changements climatiques*, rédaction: C. DesJarlais, M. Allard, A. Blondlot, A. Bourque, D. Chaumont, P. Gosselin, D. Houle, C. Larrivée, N. Lease, R. Roy, J.-P. Savard, R. Turcotte et C. Villeneuve, Montréal, 128 p.
14. **PATOINE, M., ET F. D'AUTEUIL-POTVIN** (2013). *Tendances de la qualité de l'eau de 1999 à 2008 dans dix bassins versants agricoles au Québec*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-68544-9 (PDF), 22 p. et 7 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/10bassins-1998-2008.
15. **PATOINE, M.** (2017). *Charges de phosphore, d'azote et de matières en suspension à l'embouchure des rivières du Québec, 2009 à 2012*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-77490-7 (PDF), 25 p. et 11 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/phosphore/charge-phosphore-azote-mes2009-2012.pdf.
16. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MDDELCC) (2016). *Bilan de la qualité de l'eau potable au Québec 2010-2014*, Québec, MDDELCC, Direction de l'eau potable et des eaux souterraines, ISBN 978-2-550-76322-2, 80 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/bilans/bilan-qualite2010-2014.pdf.
17. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS** (2012). *Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec 1999-2008*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/portrait/eaux-surface1999-2008/Portrait_Quebec1999-2008.pdf.
18. **NOLET, J., P. NOLET, L. ROY, R. DROLET ET S. VILLENEUVE** (1998). *Rapport sur l'état du Saint-Laurent: la contribution des activités agricoles à la détérioration du Saint-Laurent*. Équipe conjointe bilan, composée de représentants d'Environnement Canada, de Pêches et Océans Canada et du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Sainte-Foy, rapport technique, ISBN: 0-662-82758-9, 187 p. et 4 annexes.
19. **ATLAS HYDROCLIMATIQUE DU QUÉBEC MÉRIDIONAL**, [En ligne], http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/CruesPrintanieres/Q1max2P.htm.
20. **ATLAS CLIMATIQUE DU CANADA** (changements climatiques projetés dans les principales villes du Canada: Québec, Montréal et Ottawa), [En ligne], https://atlasclimatique.ca/accueil.
21. **PLAN AGROENVIRONNEMENTAL DE FERTILISATION** (PAEF), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info.
22. **PROGRAMME D'AIDE À L'AMÉLIORATION DE LA GESTION DES FUMIERS** (PAAGF), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info.
23. **PROGRAMME D'AIDE À L'INVESTISSEMENT EN AGROENVIRONNEMENT** (PAIA), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info.
24. *Règlement sur les exploitations agricoles*, [En ligne], http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2026.
25. *Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/ouvrages-municipaux/reglement2013.htm.
26. *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/residences_isolees/reglement.htm.

Communautés de macroinvertébrés benthiques - substrat grossier

ÉTAT

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Ne s'applique pas; période de suivi trop courte.

ÉTAT DE L'INTÉGRITÉ BIOTIQUE DES COURS D'EAU À SUBSTRAT GROSSIER – PÉRIODE 2011-2016

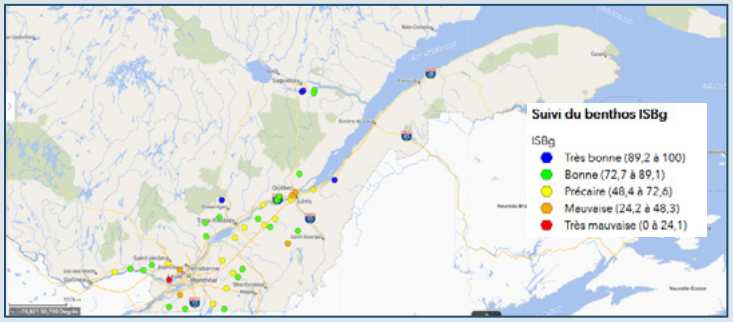
La figure 1 présente la distribution sur le territoire des stations des cours d'eau à substrat grossier du Réseau de suivi du benthos (RSBenthos) ainsi que les valeurs les plus récentes de l'ISB_g. Ces stations drainent des territoires d'une superficie allant de 10 à 600 km^2 et sont principalement situées dans les basses-terres du Saint-Laurent et quelques-unes sont dans les Appalaches et les Laurentides. Des 106 échantillons récoltés aux 43 stations (11 permanentes et 32 rotatives), 46 % sont sous le seuil du bon état établi à 72,7 %[1] et elles appartiennent aux classes d'intégrité « précaire », « mauvaise » ou « très mauvaise » (figure 2). La figure 3 présente les boîtes à moustaches des valeurs des six variables de l'ISB_g dans les différentes classes d'intégrité. Le tableau qui les accompagne présente les valeurs médianes des variables et de l'indice dans ces classes. Parmi les échantillons qui sont **au-dessus du seuil de bon état**, douze (21 %) ont une très bonne intégrité. Les trois variables qui les distinguent le mieux sont le nombre de taxons d'éphéméroptères, plécoptères et trichoptères (EPT), le pourcentage d'EPT excluant les Hydropsychidae (EPT-H) et l'indice biotique d'Hilsenhoff (HBI). Les taxons appartenant aux EPT sont reconnus pour leur sensibilité aux perturbations[6,7,8] et sont habituellement bien présents, en diversité et en quantité, dans les stations les moins perturbées. L'indice HBI, basé sur la tolérance des taxons à l'enrichissement par la matière organique et les nutriments, offre également une bonne séparation entre les échantillons « bons » et « très bons ». Ces variables séparent très bien les deux classes supérieures. Elles partagent également de façon nette les échantillons situés de part et d'autre du seuil de bon état (biocritère) auxquels s'ajoute la variable de pourcentage des deux taxons dominants. Dans la classe « très bonne », les valeurs médianes estivales

DESCRIPTION

Le portrait de l'état biologique des rivières est réalisé à l'aide des macroinvertébrés benthiques, récoltés entre 2011 à 2016. Cet indicateur biologique permet d'évaluer de façon synthétique l'état de santé des milieux aquatiques. Il intègre les multiples effets des polluants et des modifications des habitats aquatiques et riverains. Deux indices de santé du benthos (ISB) servent à évaluer les petits cours d'eau: l'ISB_g[1,2], composé de six variables de communauté, pour les cours d'eau à substrat grossier, et l'ISB_m pour les cours d'eau à substrat meuble[3,4]. L'ISB_g varie de 0 à 100 et se divise en 5 classes d'intégrité[1].

Le suivi des cours d'eau du Québec méridional a débuté en 2003[5] et un réseau de suivi du benthos (RSBenthos) (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/suivi_mil-aqua/cartes/benthos_allege_suivi.pdf) a été mis en place en 2010, dans les cours d'eau à substrat grossier et meuble. Il comporte 17 stations permanentes échantillonnées une fois par année et 100 stations rotatives échantillonnées tous les cinq ans. L'état des cours d'eau à substrat grossier est déterminé par le pourcentage des échantillons dont l'ISB_g est « bon » ou « très bon ».

Figure 1 Niveau d'intégrité biotique des cours d'eau à substrat grossier (2011-2016)



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Emplacement des stations et état des communautés benthiques (ISB_g) pour la période 2011 à 2016 - RSbenthos.

Rédigée par: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

de variables de la qualité de l'eau (phosphore total, azote total) sont nettement en dessous du critère de protection de la vie aquatique (effet chronique; P = 0,03 mg/l) ou de la valeur repère attribuée (N = 1 mg/l)[9]. Dans la classe « bonne », 89 % des valeurs médianes estivales de l'azote sont sous la valeur repère et 76 % sous le critère du phosphore. Un indice de qualité de l'habitat[1,2] (IQH) qui évalue le degré d'hospitalité pour les macroinvertébrés est calculé à chaque station lors de l'échantillonnage. L'IQH médian pour les deux classes supérieures de l'ISB_g est de 83 %, plaçant ces stations, de façon générale, dans la classe d'habitat optimal.

Parmi les échantillons **sous le seuil de bon état** (n = 49), la majorité sont « précaires », douze sont « mauvais » et un seul « très mauvais ». Cinq variables de l'ISB_g séparent très bien les trois classes inférieures, la variable du pourcentage de Chironomidae performe un peu moins bien. À ces stations, 67 % des valeurs médianes estivales de l'azote sont supérieures à la valeur repère et 65 % au-dessus du critère de protection pour la vie aquatique du phosphore. La qualité de l'eau est donc moins bonne là où l'ISB_g est plus faible. L'IQH médian pour ce groupe est de 69 %, plaçant ces stations, de façon générale, dans la classe d'habitat sous-optimale. La corrélation entre l'ISB_g et l'IQH est de 0,62 (r_s).

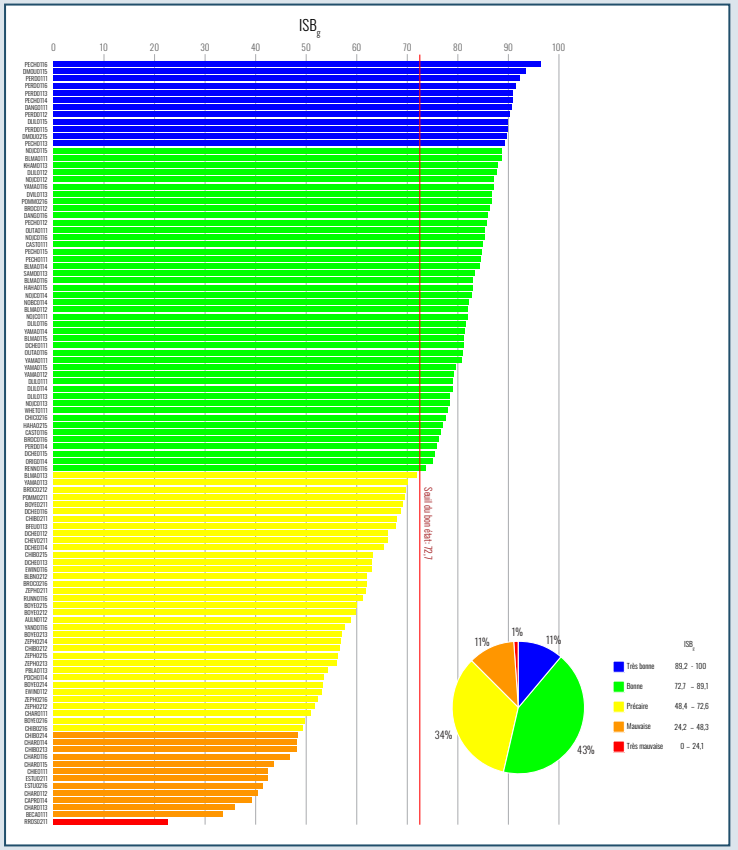
Ainsi, l'état des 106 échantillons (40 petits cours d'eau) du RSbenthos est intermédiaire-bon pour la période 2011-2016. Les résultats de l'ISB_g et des variables que le composent sont disponibles dans l'*Atlas de l'eau* (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas).

TENDANCE

Compte tenu de la période de suivi trop courte (2011-2016), aucune tendance significative n'est observable aux onze stations permanentes des cours d'eau à substrat grossier du RSBenthos. Deux rivières semblent montrer une évolution des valeurs de l'ISB_g. La rivière Boyer, dans laquelle les valeurs de l'indice semblent à la baisse et la rivière à la Pêche dans laquelle les valeurs semblent à la hausse. L'acquisition de données supplémentaires est nécessaire pour vérifier s'il se dégagera des tendances.

Le suivi des macroinvertébrés benthiques a été réalisé dans plusieurs projets spéciaux tels Anticosti (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/etudeAENV09-10-Anticosti.pdf), fosse du Labrador du Nord-du-Québec (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/fiches/RapportNord2012-2013.pdf) et gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu agricole (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/surveillance.htm). Toutes ces études sont disponibles à la page Web du MELCC Benthos – Des macroinvertébrés benthiques comme indicateurs de la santé des cours d'eau (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/index.htm).

Figure 2 Répartition des échantillons selon les classes d'intégrité de l'ISB_g



Valeurs de l'ISB_g des 106 échantillons du RSBenthos et leur répartition dans les cinq classes d'intégrité (période 2011-2016).

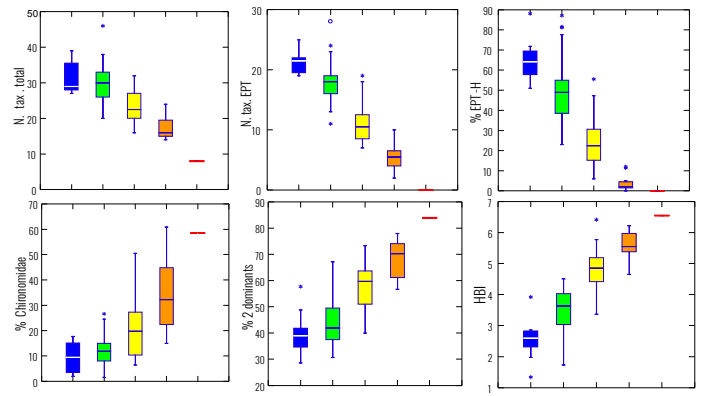
Signification des identifiants, ex.: ZEPH0211, ZEPH (cours d'eau) 02 (numéro de la station) 11 (année d'échantillonnage, par ex.: 11 = 2011).

PRESSIONS

Les activités humaines susceptibles d'altérer les cours d'eau sont l'urbanisation, l'agriculture et les différentes industries, telles les mines et la foresterie. L'état des communautés de macroinvertébrés benthiques (MIB) est influencé par la qualité physicochimique de l'eau ainsi que par la qualité de l'habitat. Les MIB sont un intégrateur du milieu et l'état des communautés est fortement lié à l'occupation du territoire[1,10,11,12,13].

Aux stations étudiées, l'agriculture occupe de 0% à 93% du territoire, avec une moyenne de 27%. Les effets de l'agriculture sur les cours d'eau qui sont couramment rapportés dans la littérature sont l'érosion des sols, qui augmente la sédimentation et la turbidité, le retrait de la végétation riveraine, qui augmente la lumière, diminue les intrants organiques grossiers (feuilles, branches) et favorise l'augmentation de la température, l'enrichissement en substances nutritives par le ruissellement des fertilisants, l'augmentation de la demande en oxygène et la présence de pesticides[14,15,16,17,18]. La figure 4a montre la relation entre l'ISB_g et l'occupation du territoire par les milieux naturels, soit la forêt, les tourbières et les milieux humides non perturbés (r_s = 0,77). La répartition des milieux naturels dans les différentes classes d'intégrité de l'ISB_g illustre que plus il y a de milieux naturels dans un bassin versant, meilleure y est la santé des MIB. La plupart des stations (91%) en bon ou très bon état ont un minimum de 70% de milieux naturels dans leur bassin versant. Certaines études mentionnent une diminution de l'intégrité biotique lorsque l'agriculture occupe plus de 40% ou 50% du territoire[1,19,20]. Ici, lorsque l'agriculture occupe plus de 40% du territoire, seulement 7% des communautés franchissent le seuil du bon état. À 50%, aucune ne franchit ce seuil. Parmi les stations dont l'intégrité est « mauvaise », soit le pourcentage d'agriculture du bassin avoisine ou dépasse 70%, soit la portion de territoire avec une couverture anthropique (urbain, mine, golf...) dépasse 20%. Par exemple, la station de la rivière Bécancour, qui a 15% d'agriculture dans son bassin versant auquel s'ajoute 22% d'occupation anthropique, obtient la deuxième plus basse valeur de l'ISB_g. À 4 km en amont de la station, il y a une zone minière d'une vingtaine de kilomètres carrés. La station de la rivière Saint-Charles dans la région de Québec a une occupation du territoire d'origine anthropique majoritairement urbaine (28%). Bien que 63% de la superficie du bassin comporte des milieux naturels, ceux-ci sont situés en tête de bassin et l'importance de la portion urbanisée du territoire située en amont de la station donne lieu, cinq années sur six, à une intégrité mauvaise. La rivière aux Chiens sur la rive sud près de Montréal coule sur un territoire urbanisé à plus de 50%, comporte plusieurs ouvrages de surverse sur son parcours et obtient également une cote « mauvaise ». Les changements hydrologiques dans les cours d'eau urbains sont souvent associés à l'imperméabilisation des sols. La pluie qui tombe sans s'infiltrer dans le sol

Figure 3 Boîtes à moustaches des valeurs obtenues variables de l'ISB_g, selon les classes d'intégrité et tableau de leurs valeurs médianes



Réponse prédite aux perturbations		↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓
	nombre échantillons	nttot	ntEPT	% EPT-H	% chiro	% 2dom	HBI	ISBg
T-Bon	12	29	22	64,2	9,5	39,0	2,60	**90,9**
Bon	45	27	15	35,6	13,3	49,0	4,15	**76,3**
Précaire	36	23	11	22,5	19,8	59,8	4,86	**60,7**
Mauvais	12	16	6	2,1	32,3	70,3	5,55	**42,4**
T-Mauvais	1	8	0	0	58,5	84	6,55	**22,6**

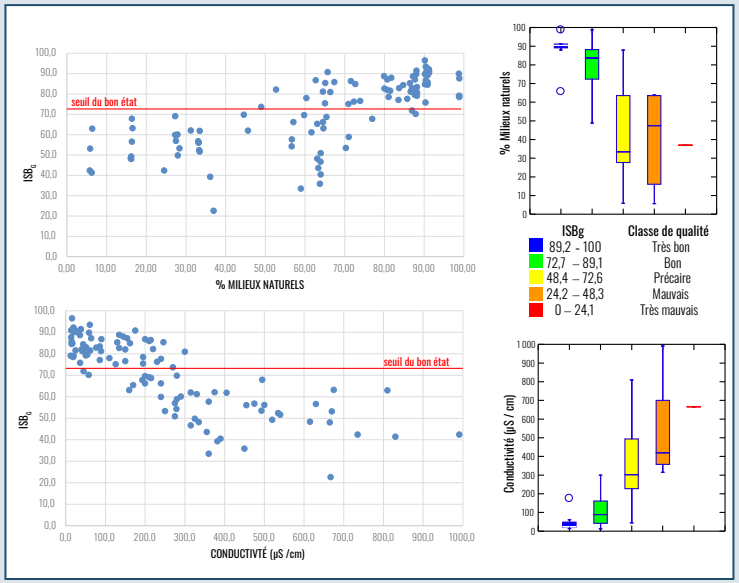
Boîtes à moustaches des variables de l'ISB_g en fonction des classes d'intégrité et tableau des valeurs médianes de ces variables.

entraîne souvent des changements chimiques dans les cours d'eau (augmentation des métaux, nutriments), des changements d'habitats et des conditions ripariennes[21,22]. La densité du réseau routier a été identifiée comme étant un déterminant majeur de la structure des communautés de macroinvertébrés benthiques en zone urbaine[22]. Le ruisseau Rousse dans l'Outaouais est la seule station à présenter une intégrité « très mauvaise ». L'agriculture dans ce bassin a la particularité d'être nettement dominée par les cultures maraîchères et par la pomiculture. Les quantités importantes de pesticides généralement utilisées pour ces activités peuvent nuire à la vie aquatique[23]. La qualité de l'eau est influencée par l'occupation du territoire[1,10,24,25,26]. L'azote total, la conductivité, les nitrites-nitrates, le pH et le phosphore total sont tous bien corrélés avec le pourcentage de milieux naturels dans le bassin versant (r_s > ±0,75). La conductivité est la variable offrant la meilleure corrélation avec l'ISB_g (r_s = -0,81, figure 3b). La boîte à moustaches montre que la conductivité sépare assez bien les classes de l'ISB_g. Toutes les stations en bon ou très bon état ont une conductivité de l'eau inférieure ou égale à 300 µS/cm. Cette valeur est suggérée aux États-Unis pour la protection de la vie aquatique dans les rivières dont la conductivité naturelle est faible. Le déglaçage par les sels, les rejets industriels, l'irrigation agricole, l'extraction de produits pétroliers et gaziers et les mines de sel et de charbon augmentent les concentrations en ions majeurs et la conductivité de l'eau. Les éphéméroptères y sont particulièrement sensibles[27].

ÉVÈNEMENT MÉTÉOROLOGIQUE: OURAGAN IRÈNE DE 2011

L'ouragan Irène, transformé en tempête post-tropicale, a touché le Québec le 28 août 2011. Il a apporté d'énormes quantités de pluie, particulièrement sur la rive sud du Saint-Laurent où il est tombé de 50 à 160 mm de pluie dans cette seule journée[28]. Les débits ont augmenté rapidement dans plusieurs cours d'eau. Cet évènement extrême a eu des répercussions sur les communautés de MIB, même si l'échantillonnage a eu lieu plus d'une vingtaine de jours après la tempête. Certaines rivières échantillonnées tous les ans et situées dans des secteurs particulièrement touchés par les précipitations abondantes (rivières Saint-Charles, du Chêne, Boyer, Saint-Zéphirin et Chibouet) ont affiché des valeurs de l'ISB_g supérieures à l'habitude. La densité de MIB y a chuté, observation répertoriée dans la littérature scientifique[29].Certains taxons EPT ont été favorisés, ce qui explique en partie les valeurs plus élevées de l'ISB_g. Suivant l'intensité de la crue, le temps de récupération d'un système à l'autre peut différer, allant de quelques jours à plus de cinq ans[29]. Pendant cette récupération, l'indice peut varier avant que les communautés retrouvent leur stabilité.

Figure 4 Relation entre l'ISB_g et l'occupation du territoire (A) et Relation entre l'ISB_g et la qualité de l'eau (B)



A) Relation entre l'ISB_g et le pourcentage de milieux naturels et boîte à moustaches du taux de milieux naturels en fonction des classes de l'ISB_g.

B) Relation entre l'ISB_g et la conductivité de l'eau et boîtes à moustaches de la conductivité en fonction des classes de l'ISB_g.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques (CC) touchent déjà les MIB et continueront de les toucher dans le futur. Dans la synthèse des connaissances d'Ouranos de 2015, les tendances en matière de température moyenne sont à la hausse dans tout le Québec (1950 à 2011) et les précipitations dans le sud du Québec indiquent des tendances à la hausse pour les pluies printanières et automnales (1950-2010). Parmi les impacts projetés les plus connus se trouvent le réchauffement des températures moyennes, ainsi que des extrêmes chauds et froids, les augmentations projetées pour plusieurs indices thermiques (ex.: degrés-jours de croissance) et une diminution projetée dans la longueur de la saison de gel. Les tempêtes post-tropicales apporteront plus de pluie et les dangers d'inondations, en dehors de la période printanière, seront accentués[34].

Puisque les MIB sont dépendants de la qualité et de la quantité d'eau ainsi que de la disponibilité des habitats, ils sont particulièrement sensibles aux effets des CC. Certains passeront leur vie dans les milieux aquatiques, d'autres les visiteront à un moment de leur cycle de vie. Face aux CC, tous les organismes ont les mêmes options: s'adapter, migrer ou périr[35]. Les insectes aquatiques ayant un stade terrestre ailé, telles les libellules, seront avantagés car ils pourront se déplacer[36]. Cependant, ceux qui requièrent des corridors végétalisés pour

FORCES

- Urbanisation[1, 21,22,46]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[1]
- Infrastructures de transport [1,22]
- Activités industrielles (mines)[44,27]
- Activités forestières[45]
- Activités agricoles [1,3,19,20,10,24]
- Gestion des barrages[31,47]
- Prélèvements d'eau[48]
- Accident ferroviaire – hydrocarbure Mégantic[31,32]

IMPACTS

- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables
- Perte nette d'habitats fauniques
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)
- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)
- Diminution de la couverture de glace (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (chapitre C-6.2) (Loi sur l'eau)
- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)
- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH)
- *Loi sur les pesticides* (RLRQ, c. P-9.3)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)
  - *Règlement sur les effluents des mines de métaux et mines de diamants* (DORS/2002-222)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF)
- Programme d'assainissement des eaux du Québec, 1978
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert

AUTRES

- Développement et mise à jour d'atlas
  - *Atlas hydroclimatique du Québec méridional*
- Réseaux de suivi

ENCART

RIVIÈRE CHAUDIÈRE, L'ÉTAT DES COMMUNAUTÉS BENTHIQUES À LA SUITE DU DÉVERSEMENT DE PÉTROLE À LAC-MÉGANTIC

Le 6 juillet 2013, un déraillement de train au centre-ville de Lac-Mégantic a causé le déversement de 100 000 litres de pétrole brut dans la rivière Chaudière. Les concentrations d'hydrocarbures pétroliers, élevées dans l'eau à la sortie du lac Mégantic dans les jours suivant la tragédie, ont rapidement baissées[30]. La baisse de contamination dans les sédiments a été beaucoup plus lente[2].

Les communautés de macroinvertébrés benthiques (MIB) ont fait l'objet d'un suivi dans deux types de milieux. 1) Dans la rivière Chaudière, quinze stations ont été échantillonnées dans les substrats grossiers à courant rapide (seuils) en 2013, 2014 et 2015. Les deux échantillonnages de 2013 ont montré des communautés de MIB sous le seuil de bon état de l'indice de santé ISBSurvol[2]. En 2014 et 2015, les communautés se sont maintenues au-dessus du seuil de bon état, à l'exception de celles qui sont situées dans les cinq premiers kilomètres[31]. 2) Les communautés des zones d'accumulation de sédiments ont été échantillonnées à huit stations de la rivière Chaudière en 2014 et 2016. Des signes de rétablissement ont été observés en 2016. L'abondance des vers oligochètes a baissé au profit de la hausse des diptères chironomides. Une quarantaine de taxons, absents des échantillons de 2014, étaient présents en 2016[32].

Des deux types de milieux échantillonnés, le rétablissement des communautés est plus rapide dans les seuils que dans les zones de sédimentation. Comme l'a recommandé le Comité expert de la rivière Chaudière, un suivi des communautés de MIB en 2022[33] permettrait de vérifier: 1) si les communautés récoltées dans les seuils des premiers kilomètres de la rivière parviendront à atteindre le bon état et 2) si les communautés des zones de sédimentations vont continuer de s'améliorer.

Figure 5 Photo du nettoyage de la rivière Chaudière suite au déversement de pétrole de Lac-Mégantic



Photo: MELCC

POUR EN SAVOIR PLUS...

1. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MDDELCC) (2014). Tragédie ferroviaire du Lac-Mégantic – Rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers – Constats, recommandations, actions proposées, Québec, Gouvernement du Québec, 40 p. + 4 ann.
2. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MDDELCC) (2017b). Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Troisième rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers, Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 7 p. + 1 ann.
3. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MDDELCC) (2017a). Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Évaluation de l'intégrité biotique des communautés de macroinvertébrés benthiques de la rivière Chaudière, automnes 2013, 2014 et 2015, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 37 p. + 8 ann.
4. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2018). Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Évaluation in situ de la toxicité des sédiments de la rivière Chaudière pour les communautés de macroinvertébrés benthiques en 2016, Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 25 p. + 4 ann. ISBN: 978-2-550-81139-8 (PDF)

se disperser peuvent périr si de tels corridors n'existent pas ou si leur composition végétale est changée[37]. Les petits cours d'eau seront vraisemblablement les plus touchés en raison de l'étroite relation entre la température de l'air et celle de l'eau[38]. Les CC modifieront les communautés, entre autres en fonction des préférences thermiques des espèces; celles qui sont acclimatées à un large spectre de température seront avantagées. Une hausse des températures favoriserait l'expansion vers le nord d'espèces d'eau chaude, au détriment des espèces d'eau froide, ouvrant potentiellement la voie à l'envahissement par certaines espèces[39]. Plus celles-ci requièrent des températures froides pour accomplir leur cycle de vie, plus elles risquent d'être mises en danger par un réchauffement[36]. Un régime des précipitations en changement incluant des évènements météorologiques extrêmes pourra affecter les régimes d'écoulement favorisant des crues éclairs plus intenses et des périodes prolongées de faibles débits. Des changements dans les régimes de température et de précipitations modifieront la végétation et auront des effets sur l'habitat, sur la dynamique du réseau trophique, la phénologie des organismes aquatiques et la biodiversité.

Les CC sont un stress qui s'additionne à ceux qui sont causés par l'activité humaine, dont le développement, les barrages et les prélèvements d'eau[40]. Les dangers de crue soudaine ou d'étiage sévère seront exacerbés dans les zones urbaines et agricoles, là où la végétation riveraine est absente ou minimale. Ces évènements auront des répercussions sur la qualité de l'eau. L'augmentation des précipitations en automne peut accroître l'apport des contaminants et l'érosion des rives, affectant l'habitat chimique et physique des organismes aquatiques. Les changements dans la composition de la communauté benthique résultent d'une interaction complexe entre la qualité de l'habitat, la disponibilité des ressources et la tendance à dériver ou émerger avec la hausse des températures[41]. Les effets négatifs causés par l'addition des sédiments fins sont toujours plus importants s'ils sont accompagnés d'une hausse de température; ces deux facteurs mènent à une communauté d'organismes plus petits[41]. Une relation semblable a été constatée en présence de métaux dans l'eau. Même si certaines populations ont un potentiel d'adaptabilité à leur présence, le coût énergétique pour « contrôler » l'effet de ces métaux semble rendre les organismes plus vulnérables aux autres stress, telle l'augmentation des rayons UVB[42]. Or, l'interaction entre les CC et la couche d'ozone va changer le niveau ambiant de rayonnement ultraviolet[43].

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Benthos - Des macroinvertébrés benthiques comme indicateurs de la santé des cours d'eau
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/index.htm
- *Atlas de l'eau*
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas

RÉFÉRENCES

1. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2012). *Indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et son application en milieu agricole: cours d'eau peu profonds à substrat grossier*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec, ISBN 978-2-550-66035-4 (PDF), 72 p. (dont 7 annexes), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/indice-integrite/rapport-agricole-substrat-grossier.pdf. 81 p.
2. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (MDDEFP) (2013). *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, 2013*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-69169-3 (PDF), 2e édition: 88 p. (incluant 6 ann.), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/surveillance/benthiques.pdf. 2e édition: 88 p. (incluant 6 ann.)
3. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2012). *Élaboration d'un indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et mise en application en milieu agricole: cours d'eau peu profonds à substrat meuble*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-65630-2 (PDF), 62 p. (incluant 10 annexes), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/indice-integrite/rapport-substrat-meuble.pdf. Direction du suivi de l'état de l'environnement, 62 p.

RÉFÉRENCES (SUITE)

4. **MOISAN, J., ET L. PELLETIER** (2011). *Protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat meuble, 2011*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN: 978-2-550-61166-0 (PDF), 39 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/protocole/protocole-echantill-macrobenthique.pdf.
5. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS** (2012). *Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec, 1999-2008*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-63649-6 (PDF). 97 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/portrait/eaux-surface1999-2008/Portrait_Quebec1999-2008.pdf.
6. **BARBOUR, M. T., J. GERRITSEN, B. D. SNYDER ET J. B. STRIBLING** (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish*, 2e édition, Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA841-B-99-002, 11 chapitres, 4 annexes, [En ligne], https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1164.pdf.
7. **KLEMM, D. J., P. A. LEWIS, F. FULK ET J. M. LAZORCHAK** (1990). *Macroinvertebrate Field and Laboratory Methods for Evaluating the Biological Integrity of Surface Waters*, Cincinnati (Ohio), U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Environmental monitoring systems laboratory, EPA/600/4-90/030, 256 p.
8. **RESH, V. H., R. H. NORRIS ET M. T. BARBOUR** (1995). « Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates », *Aust. J. Ecol.*, vol. 20, p. 108-121.
9. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**, Critères de qualité des eaux de surface, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/ (page consultée le 4 décembre 2019).
10. **DENAULT, J.-T., ET S. BÉLANGER-COMEAU** (2014). *Suivi de la santé de l'écosystème aquatique des projets de gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu agricole: bilan de 2008 à 2012*. Mise à jour 2014. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction des politiques agroenvironnementales, ISBN: 978-2-550-71641-9 (PDF), 16 p. + 5 ann.
11. **VANNOTE, R.L, W.G. MINSHALL, K.W. CUMMINS, JR SEDELL ET C.E CUSHING** (1980). « The river continuum concept », *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-37.
12. **ALLAN, J.D., D.L. ERICKSON ET J. FAY** (1997). « The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales », *Freshwater Biol.* 37:149-61.
13. **HUSSAIN, QAZI A., ET COLLAB.** (2012). « Macroinvertebrates in streams: A review of some ecological factors », *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, vol. 4, nº 7, p. 114-123.
14. **COOPER, C. M.** (1993). « Biological effects of agriculturally derived surface water pollutants on aquatic systems: A review », *Journal of Environmental Quality*, vol. 22, nº 3, p. 402-408.
15. **DELONG, M. D., ET M. A. BRUSVEN** (1998). « Macroinvertebrate community structure along the longitudinal gradient of an agriculturally impacted stream », *Environmental Management*, vol. 22, nº 3, p. 445-457.
16. **WHILES, M. R., B. L. BROCK, A. C. FRANZEN ET S. C. DINSMORE** (2000). « Stream invertebrate communities, water quality, and land-use patterns in an agricultural drainage basin of Northeastern Nebraska, USA », *Environmental Management*, vol. 26, nº 5, p. 563-576.
17. **STONE, M. L., M. R. WHILES, J. A. WEBBER, K. W. J. WILLIARD ET J. D. REEVE** (2005). « Macroinvertebrate communities in agriculturally impacted southern Illinois streams: Patterns with riparian vegetation, water quality, and in-stream habitat quality », *Journal of Environmental Quality*, vol. 34, p. 907-917.
18. **GRÉGOIRE, Y., ET G. TRENCIA** (2007). *Influence de l'ombrage produit par la végétation riveraine sur la température de l'eau: un paramètre d'importance pour le maintien d'un habitat de qualité pour le poisson*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, secteur Faune, Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la région Chaudière-Appalaches, 24 p. (dont 4 annexes).
19. **GENITO, D., W. J. GBUREK ET A. N. SHARPLEY** (2002). « Response of stream macroinvertebrates to agricultural land cover in a small watershed », *Journal of Freshwater Ecology*, vol. 17, p. 109-119.
20. **WANG, L., J. LYONS, P. KANEHL ET R. GATTI** (1997). « Influences of watershed land use on habitat quality and biotic integrity in Wisconsin streams », *Fisheries*, vol. 22, n° 6, p. 6-12.
21. **KONRAD, C.P., ET D. B. BOOTH** (2005). « Hydrologic Changes in Urban Streams and Their Ecological Significance ». *American Fisheries Society Symposium*, 47: 157-177.
22. **WALLACE, ANGELA M., MELANIE V. CROFT-WHITE ET JAN MORYK** (2013). « Are Toronto's streams sick? A look at the fish and benthic invertebrate communities in the Toronto region in relation to the urban stream syndrome », *Environmental monitoring and assessment*, vol. 185, nº 9, p. 7857-7875.
23. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2011). Fiche synthèse des projets de gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu agricole, Ruisseau Rousse - Bassin versant de la rivière des Mille-Îles, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/fiches/rousse_grossier.pdf.
24. **ZHENG, L., J. GERRITSEN, J. BECKMAN, J. LUDWIG ET S. WILKES** (2008). « Land use, geology, enrichment, and stream biota in the Eastern Ridge and Valley Ecoregion: Implications for nutrient criteria development », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 44, n° 6, p. 1521-1536.
25. **GANGBAZO, G., J. ROY ET A. LE PAGE** (2005). *Capacité de support des activités agricoles par les rivières: le cas du phosphore total*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques en milieu terrestre, envirodoq nº ENV/2005/0096.
26. **CHAMBERS, P. A., R. B. BRUA, D. J. MCGOLDRICK, B. L. UPSDELL, C. VIS, J. M. CULP ET G.A. BENOY** (2008). *Nitrogen and Phosphorus Standards to Protect Ecological Condition of Canadian Streams in Agricultural Watersheds*, National Agri-Environmental Standards Initiative Technical Series Report nº 4-56, 101 p.
27. **CLEMENTS, WILLIAM H., ET CHRIS KOTALIK** (2016). « Effects of major ions on natural benthic communities: an experimental assessment of the US Environmental Protection Agency aquatic life benchmark for conductivity ». *Freshwater Science*, vol. 35, nº 1, p. 126-138.
28. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS** (2011). *Tempête post-tropicale Irène – 2011-08-28*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/surveillance/Irene20110828.pdf.

RÉFÉRENCES (SUITE)

29. **DEATH, RUSSELL G.** (2008). The effect of floods on aquatic invertebrate communities, p. 103-121 (Chapitre 6), dans J. Lancaster et R.A. Briers (ed.), *Aquatic Insects: Challenges to Populations – proceedings of the Royal entomological socirty's 24th symposium, Oxfordshire, UK*,CAB International.
30. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MDDELCC) (2014). *Tragédie ferroviaire du Lac-Mégantic – Rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers – Constats, recommandations, actions proposées*, Québec, Gouvernement du Québec, 40 p. + 4 ann.
31. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MDDELCC) (2017). *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Évaluation de l'intégrité biotique des communautés de macroinvertébrés benthiques de la rivière Chaudière, automnes 2013, 2014 et 2015*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 37 p. + 8 ann.
32. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2018). *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Évaluation in situ de la toxicité des sédiments de la rivière Chaudière pour les communautés de macroinvertébrés benthiques en 2016*, Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 25 p. + 4 ann.
33. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MDDELCC) (2017b). *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Troisième rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers*, Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 7 p. + 1 ann.
34. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation: synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*. Édition 2015. Montréal, Québec: Ouranos, 415 p.
35. **WOODWARD, GUY, DANIEL M. PERKINS ET LEE E. BROWN** (2020). « Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization ». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 365, nº 1549, p. 2093-2106.
36. **MOISAN, JULIE** (2017). *Caractérisation des communautés de macroinvertébrés benthiques du nord du Québec – Fosse du Labrador*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 35 p. + 8 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/Eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/fiches/RapportNord2012-2013.pdf.
37. **ALLAN, J.D., ET A.S. FLECKER** (1993). « Biodiversity conservation in running waters ». *BioScience*, 43: 32-43.
38. **HEINO, JANI, RAIMO VIRKKALA ET HEIKKI TOIVONEN** (2009). « Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions ». *Biological Reviews*, vol. 84, nº 1, p. 39-54.
39. **RAHEL, F. J., ET J. D. OLDEN** (2008). « Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species ». *Conserv.Biol.*, 22, 521-533 (doi:10.1111/j.1523-1739.2008.00950.x).
40. **PALMER, MARGARET A., DENNIS P. LETTENMAIER, N. LEROY POFF ET COLLAB.** (2009). « Climate change and river ecosystems: protection and adaptation options ». *Environmental management*, vol. 44, nº 6, p. 1053-1068.
41. **PIGGOTT, JEREMY J., COLIN R. TOWNSEND ET CHRISTOPH D. MATTHAEI** (2015). « Climate warming and agricultural stressors interact to determine stream macroinvertebrate community dynamics ». *Global change biology*, vol. 21, nº 5, p. 1887-1906.
42. **ZUELLIG, R. E., ET COLLAB.** (2008). « The influence of metal exposure history and ultraviolet-B radiation on benthic communities in Colorado Rocky Mountain streams », *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 27, nº 1, p. 120-134.
43. **THOMAS, PETER, ASHWIN SWAMINATHAN ET ROBYN M. LUCAS** (2012). « Climate change and health with an emphasis on interactions with ultraviolet radiation: a review ». *Global Change Biology*, vol. 18, nº 8, p. 2392-2405.
44. **MOISAN, JULIE, ET LYNE PELLETIER** (2014). *Réponses des macroinvertébrés benthiques à la contamination métallique – Site minier de Notre-Dame-de-Montauban,* Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-70752-3 (PDF), 24 p. (y compris 5 annexes), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/Eau/eco_aqua/macroinvertebre/macrointervertebres-benthiques.pdf.
45. **DAVIES, P. ERIC, L.S.J. COOK, P.D. MCINTOSH ET COLLAB.** (2005). « Changes in stream biota along a gradient of logging disturbance, 15 years after logging at Ben Nevis, Tasmania ». *Forest Ecology and Management*, vol. 219, nos 2-3, p. 132-148.
46. **COLES, J.F., T.F. CUFFNEY, G. MCMAHON ET K.M. BEAULIEU** (2004). *The effects of urbanization on the biological, physical, and chemical characteristics of coastal New England streams*, U.S. Geological Survey Professional Paper 1695, 47 p.
47. **POFF, N., LEROY ET JULIE KH ZIMMERMAN** (2010). « Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows ». *Freshwater Biology*, vol. 55, nº 1, p. 194-205.
48. **LLOYD, NATALIE, GERRY QUINN, MARTIN THOMS ET COLLAB.** (2004). *Does flow modification cause geomorphological and ecological response in rivers ? A literature review from an Australian perspective*, Canberra, Technical report 1/2004, CRC for Freshwater Ecology, vol. 57, 51 p.

Communautés de macroinvertébrés benthiques - substrat meuble

ÉTAT

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Ne s'applique pas; période de suivi trop courte.

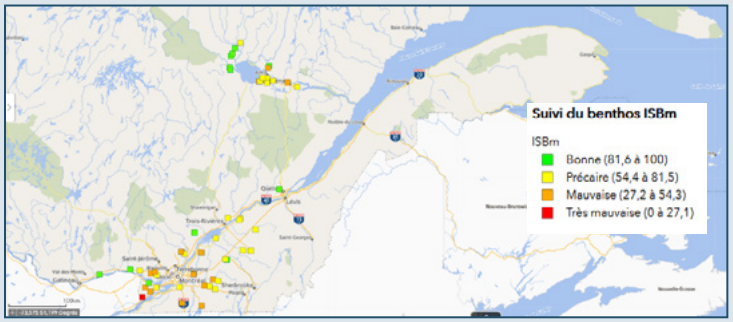
ÉTAT DE L'INTÉGRITÉ BIOTIQUE DES COURS D'EAU À SUBSTRAT MEUBLE – PÉRIODE 2011-2016

La figure 1 présente la distribution sur le territoire des stations des cours d'eau à substrat meuble du Réseau de suivi du benthos (RSBenthos) ainsi que les valeurs les plus récentes de l'ISB_m. Les 51 cours d'eau suivis se trouvent dans dix-neuf zones de gestion intégrée (ZGI). Ces stations drainent des territoires variant de 6 à 240 km^2 et sont situées surtout dans les basses-terres du Saint-Laurent et les Laurentides centrales (région du Saguenay–Lac-Saint-Jean). Ainsi, sur les 86 échantillons récoltés aux 54 stations (6 permanentes et 48 rotatives), 73% sont sous le seuil de bon état établi à 81,6%[1] et appartiennent aux classes d'intégrité « précaire », « mauvaise » ou « très mauvaise » (figure 2). Seulement 27% des échantillons prélevés entre 2011 et 2016 présentent des communautés de MIB en bon état. Peu de cours d'eau des territoires étudiés se trouvent dans des milieux exempts de pressions d'origines anthropiques, la plupart sont situés dans des bassins versants à vocation agricole. Seulement quatre stations ont un bassin versant où l'occupation du territoire par l'agriculture est de moins de 10%. Les 23 échantillons (27%) affichant un ISB_m au-dessus du seuil de bon état sont issus de 14 stations dont l'occupation du territoire par le milieu naturel, soit la forêt, les tourbières et les milieux humides non perturbés, est généralement supérieure à 50% (figure 3a). La proportion de milieu naturel se démarque surtout entre la classe de bonne qualité, qui présente une médiane de 58%, et les autres classes (boîte à moustaches, figure 3a). La médiane des valeurs estivales observées à ces stations est de 0,027 mg/l pour le phosphore total, de 0,62 mg/l d'azote total et la conductivité y est inférieure à 337 µS/cm. Les communautés de MIB y sont généralement diversifiées avec une richesse taxonomique médiane de 36 taxons et de 16 taxons appartenant aux

DESCRIPTION

Le portrait de l'état biologique des rivières est réalisé à l'aide des macroinvertébrés benthiques (MIB) récoltés entre 2011 à 2016. Cet indicateur biologique permet d'évaluer de façon synthétique l'état de santé des milieux aquatiques. Il intègre les effets multiples des polluants et des modifications des habitats aquatiques et riverains. Deux indices de santé du benthos (ISB) servent à évaluer les petits cours d'eau: l'ISB_m, composé de six variables de communauté, pour les cours d'eau à substrat meuble[1,2] et l'ISB_g pour les cours d'eau à substrat grossier[3,4]. L'ISB_m varie de 0 à 100 et se divise en 4 classes d'intégrité[1]. Le suivi des cours d'eau du Québec méridional a débuté en 2003[1,3,5] et un réseau de suivi du benthos (RSBenthos) (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/suivi_mil-aqua/cartes/benthos_allege_suivi.pdf) a été mis en place en 2010, dans les cours d'eau à substrat grossier et meuble. Il comporte 17 stations permanentes échantillonnées une fois par année, et 100 stations rotatives échantillonnées tous les cinq ans. L'état des cours d'eau à substrat meuble est déterminé par le pourcentage des échantillons dont l'ISB_m est bon.

Figure 1 Niveau d'intégrité biotique des cours d'eau à substrat meuble (2011-2016)



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Emplacement des stations et état des communautés de MIB évalué avec l'ISB_m pour la période 2011 à 2016 – RSBenthos.

Rédigée par: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

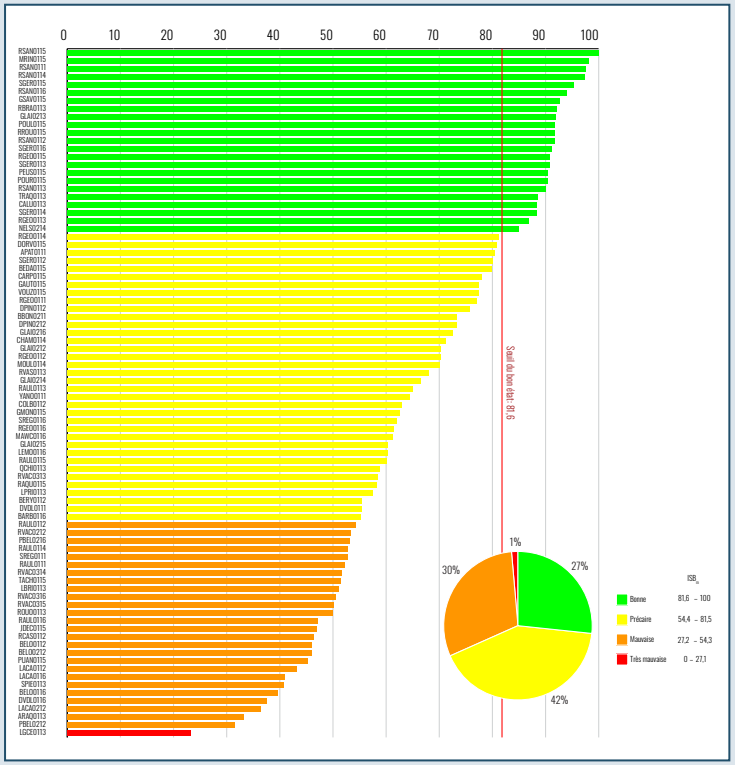
ordres de plécoptères, odonates, éphéméroptères et trichoptères (POET; figure 4b). Les taxons appartenant aux EPT sont considérés comme les plus sensibles à la pollution et aux perturbations[6,7,8]. L'indice biotique d'Hilsenhoff (HBI), basé sur la tolérance des taxons à l'enrichissement par la matière organique et les nutriments[1,4,6,9,10,11], varie de 3,3 à 5,4, indiquant une probable pollution organique[4,11]. Le pourcentage d'insectes y est très élevé, avec une médiane de 91,5 %. La région du Saguenay–Lac-Saint-Jean présente plusieurs cours d'eau en bon état, surtout dans la portion nord-ouest (figure 1). Parmi les échantillons **sous le seuil de bon état**, 36 sont dans la classe d'intégrité précaire (figure 2); soulignons qu'une dizaine d'échantillons ont un ISB_m qui se trouve à moins de 5 points de la valeur seuil (biocritère). Les 26 échantillons (30 %) dont l'intégrité est mauvaise présentent des communautés peu diversifiées avec une richesse taxonomique médiane de 22 taxons et de 4 taxons appartenant aux ordres de POET. Dans ces échantillons, le pourcentage d'insectes chute et atteint une médiane de 55,5 % (figure 4b). La médiane de l'occupation du territoire par le milieu naturel en amont de ces stations est de 15 %, alors que celle de l'agriculture est de 68 %. Ce sont des territoires fortement perturbés par les activités agricoles où s'ajoutent parfois d'autres pressions d'origine anthropique. Ces quinze cours d'eau se trouvent dans les ZGI Châteauguay, Richelieu, Yamaska, Baie-Missisquoi, Vaudreuil-Soulanges, Mille-Îles, Lac-Saint-Jean et Saguenay. La médiane des valeurs estivales de phosphore dans l'eau est de 0,145 mg/l et ces valeurs dépassent grandement le critère visant la protection de la vie aquatique (effet chronique; P = 0,03 mg/l)[12]. La médiane des valeurs estivales de conductivité est de 544 µS/cm (figure 3b). Le Grand Cours d'eau de la ZGI de Vaudreuil-Soulanges supporte la communauté de MIB la plus dégradée (classe très mauvaise); 85 % de cette communauté est composée de deux taxons très tolérants à la pollution et aux perturbations[9,10,11]: les crustacés isopodes Asellidae et les gammares Hyalellidae. Les insectes ne représentent que 5,4 % de la communauté. L'occupation du territoire dans ce bassin versant est à 95 % en agriculture, avec 76 % de culture à grands interlignes (GI) et 4 % de milieu naturel. Les résultats de l'ISB_m et des variables qui le composent sont disponibles dans l'*Atlas de l'eau* (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas).

L'état des 86 échantillons (51 cours d'eau à substrat meuble) du RSBenthos est intermédiaire-mauvais pour la période 2011-2016.

TENDANCE SUR 5 ANS

Compte tenu de la période de suivi trop courte (2011-2016), aucune tendance significative n'est observable aux six stations permanentes des cours d'eau à substrat meuble du RSBenthos. On peut cependant noter que les valeurs de l'ISB_m obtenues en 2016 aux stations des ruisseaux Saint-Georges et des Aulnages sont les plus faibles depuis 2011.

Figure 2 Répartition des échantillons selon les classes d'intégrité de l'ISB_m



Valeurs de l'ISB_m des 86 échantillons (54 stations) du RSBenthos et leur répartition dans les quatre classes d'intégrité (2011 -2016).

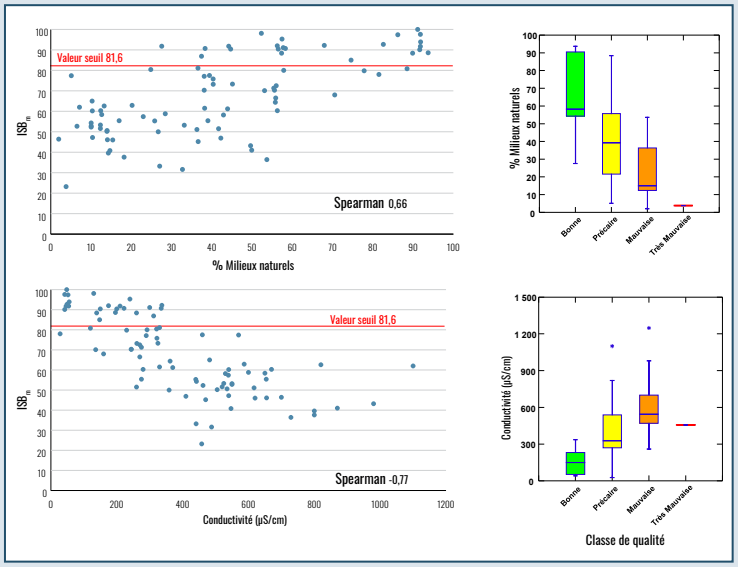
Signification des identifiants, ex.: RSAN0115, RSAN (cours d'eau: ruisseau Saint-André) 01 (numéro de la station) 15 (année d'échantillonnage, par ex.: 15 = 2015).

Le suivi des macroinvertébrés benthiques a été réalisé dans plusieurs projets spéciaux tels Anticosti (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/etudeAENV09-10-Anticosti.pdf), fosse du Labrador du Nord-du-Québec (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/fiches/RapportNord2012-2013.pdf) et gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu agricole (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/surveillance.htm). Toutes ces études sont disponibles à la page Web du MELCC Benthos – Des macroinvertébrés benthiques comme indicateurs de la santé des cours d'eau (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/index.htm)

PRESSIONS

Les communautés de MIB sont de bons indicateurs des conditions locales des écosystèmes aquatiques. Ils intègrent les variations de leur habitat physique et physicochimique à court et à moyen terme[1,3,4,6]. Le maintien de leur intégrité est essentiel, car ils sont une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. Plusieurs activités humaines sont susceptibles d'altérer l'intégrité biotique des cours d'eau. Qu'elles appartiennent au secteur urbain ou agricole ou à d'autres secteurs industriels, telles les mines et la foresterie, ces activités modifient la qualité de l'eau ainsi que celle des habitats et, par conséquent, affectent les MIB en place[1,3,5,13,14,15,16]. Le territoire couvert dans le RSBenthos est affecté surtout par la pollution diffuse du milieu agricole. Les effets de cette pollution rapportés dans la littérature sont, entre autres, l'érosion des sols, qui augmente la sédimentation et la turbidité, le retrait de la végétation riveraine, qui augmente la lumière, favorise l'augmentation de la température de l'eau et diminue les intrants organiques grossiers (feuilles, débris végétaux, etc.), l'enrichissement en substances nutritives par le ruissellement des fertilisants, l'augmentation de la demande en oxygène et la présence de pesticides dans les eaux de surface[1,3,13,14,15,20,21,22,23]. Par conséquent, l'élimination d'organismes plus sensibles à la pollution permet l'augmentation et la dominance d'organismes généralistes plus tolérants[1,4], ce qui a des conséquences sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques. L'intégrité des communautés de MIB est fortement liée à l'occupation du territoire[1,3,5,14,21,22]. En effet, la figure 3a montre la relation entre les valeurs de l'ISB_m et l'occupation du territoire par les milieux naturels (r_s = 0,66). Ainsi, plus il y a de milieux naturels dans un bassin versant, plus le niveau d'intégrité augmente. Malgré une certaine étendue dans la répartition de valeurs, les stations en bon état ont une médiane de 58 % en milieux naturels alors que celles de la classe mauvaise ont une médiane de 15 %. Elles ont également une proportion de cultures à GI inférieure à 20 % avec une médiane de 1 %

Figure 3 Relation entre l'ISB_m et l'occupation du territoire (A) et Relation entre l'ISB_m et la qualité de l'eau (B)

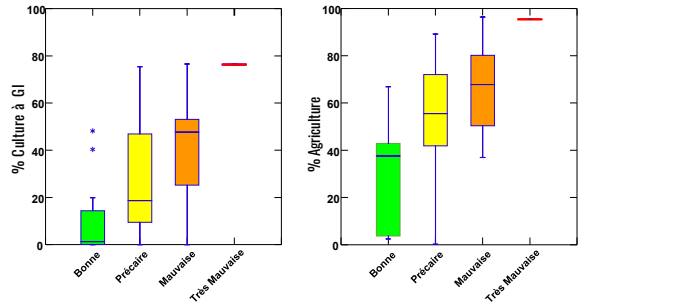


A) Relation entre l'ISB_m et le pourcentage de milieux naturels; Boîte à moustaches du pourcentage de milieux naturels en fonction des classes de l'ISB_m.

B) Relation entre l'ISB_m et la conductivité de l'eau; Boîte à moustaches de la conductivité selon les classes d'intégrité de l'ISB_m.

(figure 4a). Ce type de culture utilise généralement les pesticides de manière plus intensive[23]. Une augmentation de ce type de culture dans les BV est défavorable pour les MIB. Certaines études mentionnent une diminution de l'intégrité biotique lorsque l'agriculture occupe plus de 40% ou 50% du territoire[1,13,20]. Ici, lorsque l'agriculture occupe plus de 40% du territoire, seulement 9% des communautés de MIB franchissent le seuil du bon état. Si la culture à GI occupe plus de 50% du territoire, aucune communauté de MIB ne franchit ce seuil. Certaines stations dont les communautés sont en bonne santé ont un territoire en agriculture important, soit entre 50% et 68%. Trois d'entre elles se trouvent dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean où la culture à GI représente moins de 5% de l'occupation du territoire. L'environnement de proximité a également une importance primordiale pour les MIB[1,24,25,26,27]. En effet, évalué à la station de 100 m lors de l'échantillonnage des MIB, l'indice de qualité de l'habitat (IQH_m)[1,2] montre une bonne relation avec l'ISB_m (r_s = 0,61). Un habitat de bonne qualité soutient habituellement des communautés en santé et donne lieu à un ISB_m élevé[1,3]. La qualité de la bande riveraine[1,2], également évaluée à la station, présente une moins bonne corrélation avec l'ISB_m (r_s = 0,50). Particulièrement en présence de pollution d'origine diffuse, un milieu forestier doit avoir une superficie minimale pour être favorable à la communauté de macroinvertébrés[1,3]. Une zone tampon d'au moins 30 m couverte de végétation naturelle sur les deux rives d'un cours d'eau serait souhaitable[1,28]. Les stations présentant des communautés en bon état ont un IQH médian de 70% et un IQBR[4] médian de 82%. Le ruisseau Saint-Georges (BV L'Assomption) illustre bien l'importance de ces habitats de proximité. Malgré une occupation du territoire par l'agriculture avoisinant 60%, la communauté de MIB caractérisant cette station semble bénéficier d'un environnement de proximité de bonne qualité[1], l'ISB_m atteint parfois la classe « bonne ». Un important massif forestier d'environ 10 km^2 se trouve en amont de cette station[1,27]. Il est indéniable que les arbres ont une importance primordiale pour l'hétérogénéité des habitats des cours d'eau[1,27]. La qualité de l'eau, qui a des effets sur les MIB, est influencée par l'occupation du territoire[1,3,11,23,29,30,31]. L'azote total et la conductivité sont corrélés avec le pourcentage de milieux naturels dans le bassin versant (r_s = -0,70 ; -0,78). La conductivité est la variable offrant la meilleure corrélation avec l'ISB_m (r_s = -0,77, figure 3b); plus la conductivité augmente et plus l'ISB_m est faible. Les stations en bon état ont une conductivité médiane de l'eau inférieure à 337 µS/cm. Aux États-Unis, la valeur de 300 µS/cm est suggérée pour la protection de la vie aquatique dans les rivières dont la conductivité naturelle est faible. Le déglaçage par les sels, les rejets industriels, l'irrigation agricole, l'extraction de produits pétroliers et gaziers, les mines de sel et de charbon augmentent les concentrations en ions majeurs et la conductivité de l'eau[32]. Parmi les stations dont l'intégrité est mauvaise, quelques-unes subissent les effets négatifs d'une pollution mixte d'origine agricole et urbaine. En effet, au-delà de 10% à 20%

Figure 4 Utilisation du territoire en fonction des classes de qualité de l'ISB_m (A) et valeurs médianes de l'ISB_m et de ses variables dans les quatre classes de qualité (B)



Classe de qualité	Nombre échantillons	Réponse prédite aux perturbations ↓ nttax	↓ ntPOET	↓ %EPT	↓ %insecte	↑ %ttol	↑ HBI	↓ ISB_m
Bonne	23	36	16	49	91,5	9,7	4,26	91,7
Précaire	36	28	8	20,6	79,5	18,4	5,86	67,3
Mauvaise	26	22	4	4,8	55,5	33,3	6,98	47,1
Très mauvaise	1	12	1	1,5	5,4	50	7,76	23,2

A) Boîte à moustaches du pourcentage de culture à grand interligne en fonction des classes de l'ISB_m; Boîte à moustaches du pourcentage d'agriculture en fonction des classes de l'ISB_m.

B) Tableau des valeurs médianes de l'ISB_m et les variables qui le composent dans les quatre classes de qualité.

d'urbanisation, les répercussions sur l'intégrité biologique sont souvent importantes[21]. Les deux stations du ruisseau Belœil (BV Richelieu) en sont un exemple, le territoire est à la fois urbanisé (35 %) et agricole (50 %)[33]. La qualité de l'eau y est mauvaise, avec une conductivité élevée (plus de 620 µS/cm). L'ISB_m obtenu à ces stations a varié de 39,6 à 46,1. La diminution du nombre total de taxons, du nombre de taxons POET ainsi que du pourcentage d'insectes observés entre les différentes classes (figure 4b) confirme la perte de biodiversité avec l'augmentation des pressions exercées par les activités agricoles et l'urbanisation.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques (CC) touchent déjà les MIB et continueront de les toucher dans le futur. Selon la synthèse des connaissances publiée par Ouranos (2015), les tendances en matière de température moyenne sont à la hausse dans tout le Québec (1950 à 2011) et les précipitations dans le sud du Québec indiquent des tendances à la hausse pour les pluies printanières et automnales (1950-2010). Parmi les impacts projetés les plus connus se trouvent le réchauffement des températures moyennes, ainsi que des extrêmes chauds et froids, les augmentations projetées pour plusieurs indices thermiques (ex.: degrés-jours de croissance) et une diminution projetée dans la longueur de la saison de gel. Les tempêtes post-tropicales apporteront plus de pluie et les dangers d'inondations, en dehors de la période printanière, seront accentués[42].

FORCES

- Urbanisation[3,34,35,36]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[3,36]
- Infrastructures de transport [3,35]
- Activités industrielles – mines[16, 32]
- Activités forestières[37]
- Activités agricoles[1,3,5,11,13,14,15]
- Gestion des barrages[39,40]
- Accident ferroviaire – hydrocarbure Mégantic[39, 41]

IMPACTS

- Perte ou limitation d'activité commerciale de villégiature
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables
- Perte nette d'habitats fauniques
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques
- Risque de l'arrivée des EEE dans les écosystèmes aquatiques
- Risque pour la biodiversité

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)
- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)
- Diminution de la couverture de glace (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (chapitre C-6.2) (Loi sur l'eau)
- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)
- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH)
- *Loi sur les pesticides* (RLRQ, c. P-9.3)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF)
- Programme d'assainissement des eaux du Québec, 1978
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
- Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert

AUTRES

- Développement et mise à jour d'atlas
  - *Atlas hydroclimatique du Québec méridional*
- Réseaux de suivi

ENCART

RIVIÈRE CHAUDIÈRE, L'ÉTAT DES COMMUNAUTÉS BENTHIQUES À LA SUITE DU DÉVERSEMENT DE PÉTROLE DE LAC-MÉGANTIC

Le 6 juillet 2013, un déraillement de train au centre-ville de Lac-Mégantic a causé le déversement de 100 000 litres de pétrole brut dans la rivière Chaudière. Les concentrations d'hydrocarbures pétroliers, élevées dans l'eau à la sortie du lac Mégantic dans les jours suivant la tragédie ont rapidement baissées[1]. La baisse de contamination dans les sédiments a été beaucoup plus lente[4].

Les communautés de macroinvertébrés benthiques (MIB) ont fait l'objet d'un suivi dans deux types de milieux. 1) Dans la rivière Chaudière, quinze stations ont été échantillonnées dans les substrats grossiers à courant rapide (seuils) en 2013, 2014 et 2015. Les deux échantillonnages de 2013 ont montré des communautés de MIB sous le seuil de bon état de l'indice de santé ISBSurvol[3]. En 2014 et 2015, les communautés se sont maintenues au-dessus du seuil de bon état, à l'exception de celles qui sont situées dans les cinq premiers kilomètres[3]. 2) Les communautés des zones d'accumulation de sédiments ont été échantillonnées à huit stations de la rivière Chaudière en 2014 et 2016. Des signes de rétablissement ont été observés en 2016. L'abondance des vers oligochètes a baissé au profit de la hausse des diptères chironomides. Une quarantaine de taxons, absents des échantillons de 2014, étaient présents en 2016[4].

Des deux types de milieux échantillonnés, le rétablissement des communautés est plus rapide dans les seuils que dans les zones de sédimentation. Comme l'a recommandé le Comité expert de la rivière Chaudière, un suivi des communautés de MIB en 2022[2] permettrait de vérifier: 1) si les communautés récoltées dans les seuils des premiers kilomètres de la rivière parviendront à atteindre le bon état et 2) si les communautés des zones de sédimentations vont continuer de s'améliorer.

Figure 5 Photo du nettoyage de la rivière Chaudière suite au déversement de pétrole de Lac-Mégantic



Photo: MELCC

POUR EN SAVOIR PLUS...

1. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC) (2014). *Tragédie ferroviaire du Lac-Mégantic – Rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers – Constats, recommandations, actions proposées*, Québec, Gouvernement du Québec, 40 p. + 4 ann.
2. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC) (2017b). *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Troisième rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers*, Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 7 p. + 1 ann.
3. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC) (2017a). *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Évaluation de l'intégrité biotique des communautés de macroinvertébrés benthiques de la rivière Chaudière, automnes 2013, 2014 et 2015*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 37 p. + 8 ann.
4. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (2018). *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Évaluation in situ de la toxicité des sédiments de la rivière Chaudière pour les communautés de macroinvertébrés benthiques en 2016*, Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 25 p. + 4 ann. ISBN: 978-2-550-81139-8 (PDF)

Puisque les MIB sont dépendants de la qualité et de la quantité d'eau ainsi que de la disponibilité des habitats, ils sont particulièrement sensibles aux effets des CC. Certains passeront leur vie dans les milieux aquatiques, d'autres les visiteront à un moment de leur cycle de vie. Face aux CC, tous les organismes ont les mêmes options : s'adapter, migrer ou périr[43]. Les insectes aquatiques ayant un stade terrestre ailé, telles les libellules, seront avantagés car ils pourront se déplacer[44]. Cependant, ceux qui requièrent des corridors végétalisés pour se disperser peuvent périr si de tels corridors n'existent pas ou si leur composition végétale est changée[45]. Les petits cours d'eau seront vraisemblablement les plus touchés en raison de l'étroite relation entre la température de l'air et celle de l'eau[46]. Les CC modifieront les communautés, entre autres en fonction des préférences thermiques des espèces; celles qui sont acclimatées à un large spectre de température seront avantagées. Une hausse de températures favoriserait l'expansion vers le nord d'espèces d'eau chaude, au détriment des espèces d'eau froide, ouvrant potentiellement la voie à l'envahissement par certaines espèces[47]. Plus celles-ci requièrent des températures froides pour accomplir leur cycle de vie, plus elles risquent d'être mises en danger par un réchauffement[44]. Un régime des précipitations en changement incluant des évènements météorologiques extrêmes pourra affecter les régimes d'écoulement favorisant des crues éclairs plus intenses et des périodes prolongées de faibles débits. Des changements dans les régimes de température et de précipitations modifieront la végétation, auront des effets sur l'habitat, sur la dynamique du réseau trophique, la phénologie des organismes aquatiques et la biodiversité.

Les CC sont un stress qui s'additionne à ceux qui sont causés par l'activité humaine, dont le développement, les barrages et les prélèvements d'eau[48]. Les dangers de crue soudaine ou d'étiage sévère seront exacerbés dans les zones urbaines et agricoles, là où la végétation riveraine est absente ou minimale. Ces évènements auront des répercussions sur la qualité de l'eau. L'augmentation des précipitations en automne peut accroître l'apport des contaminants et l'érosion des rives, affectant l'habitat chimique et physique des organismes aquatiques. Les changements dans la composition de la communauté benthique résultent d'une interaction complexe entre la qualité de l'habitat, la disponibilité des ressources et la tendance à dériver ou émerger avec la hausse des températures[49]. Les effets négatifs causés par l'addition des sédiments fins sont toujours plus importants s'ils sont accompagnés d'une hausse de température; ces deux facteurs mènent à une communauté d'organismes plus petits[49]. Une relation semblable a été constatée en présence de métaux dans l'eau. Même si certaines populations ont un potentiel d'adaptabilité à leur présence, le coût énergétique pour « contrôler » l'effet de ces métaux semble rendre les organismes plus vulnérables aux autres stress, telle l'augmentation des rayons UVB[50]. Or, l'interaction entre les CC et la couche d'ozone va changer le niveau ambiant de rayonnement ultraviolet[51].

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Benthos - Des macroinvertébrés benthiques comme indicateurs de la santé des cours d'eau
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/index.htm
- *Atlas de l'eau*
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas

RÉFÉRENCES

1. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2012). *Élaboration d'un indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et mise en application en milieu agricole: cours d'eau peu profonds à substrat meuble,* Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-65630-2 (PDF), 62 p. (incluant 10 annexes), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/indice-integrite/rapport-substrat-meuble.pdf.
2. **MOISAN, J., ET L. PELLETIER** (2011). *Protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, cours d'eau peu profonds à substrat meuble 2011*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN: 978-2-550-61166-0 (PDF), 39 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/protocole/protocole-echantill-macrobenthique.pdf.
3. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2012). *Indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et son application en milieu agricole: cours d'eau peu profonds à substrat grossier.* Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec, ISBN 978-2-550-66035-4 (PDF), 72 p. (dont 7 annexes), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/indice-integrite/rapport-agricole-substrat-grossier.pdf.
4. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (MDDEFP) (2013). *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, 2013,* Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-69169-3 (PDF), 2e édition: 88 p. (incluant 6 ann.), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/surveillance/benthiques.pdf.

RÉFÉRENCES (SUITE)

5. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS** (2012). *Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec 1999-2008*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-63649-6 (PDF). 97 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/portrait/eaux-surface1999-2008/Portrait_Quebec1999-2008.pdf.
6. **BARBOUR, M. T., J. GERRITSEN, B. D. SNYDER ET J. B. STRIBLING** (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish*, 2e édition, Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA841-B-99-002, 11 chapitres, 4 annexes, [En ligne], https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1164.pdf.
7. **KLEMM, D. J., P. A. LEWIS, F. FULK ET J. M. LAZORCHAK** (1990). *Macroinvertebrate Field and Laboratory Methods for Evaluating the Biological Integrity of Surface Waters*, Cincinnati (Ohio), U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Environmental monitoring systems laboratory, EPA/600/4-90/030, 256 p.
8. **RESH, V. H., R. H. NORRIS ET M. T. BARBOUR** (1995). « Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates », *Aust. J. Ecol.*, vol. 20, p. 108-121.
9. **BODE, R. W., M. A. NOVAK, L. E. ABELE, D. L. HEITZMAN ET A. J. SMITH** (2002). *Quality Assurance Work Plan for Biological Stream Monitoring in New York State*, Albany (New York), Stream Biomonitoring Unit Bureau of Water Assessment and Management Division of Water, NYS Department of Environmental Conservation, 41 p. et 13 annexes.
10. **BODE, R. W., M. A. NOVAK ET L. E. ABELE** (1996). *Quality Assurance Work Plan for Biological Stream Monitoring in New York State*, Albany (New York), NYS Department of Environmental Conservation, 89 p.
11. **HILSENHOFF, W. L.** (1987). « An improved biotic index of organic stream pollution », *Great Lakes Entomol*, vol. 20, p. 31-39.
12. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**, *Critères de qualité des eaux de surface*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/ (page consultée le 4 décembre 2019).
13. **DENAULT, JEAN-THOMAS, ET SOPHIE BÉLANGER-COMEAU** (2014). *Suivi de la santé de l'écosystème aquatique des projets de gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu agricole: bilan de 2008 à 2012.* Mise à jour 2014. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction des politiques agroenvironnementales, ISBN: 978-2-550-71641-9 (PDF), 16 p. + 5 ann.
14. **GENITO, D., W. J. GBUREK ET A. N. SHARPLEY** (2002). « Response of stream macroinvertebrates to agricultural land cover in a small watershed », *Journal of Freshwater Ecology*, vol. 17, p. 109-119.
15. **ZHENG, L., J. GERRITSEN, J. BECKMAN, J. LUDWIG ET S. WILKES** (2008). « Land use, geology, enrichment, and stream biota in the Eastern Ridge and Valley Ecoregion: Implications for nutrient criteria development », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 44, n° 6, p. 1521-1536.
16. **MOISAN, JULIE, ET LYNE PELLETIER** (2014). *Réponses des macroinvertébrés benthiques à la contamination métallique – Site minier de Notre-Dame-de-Montauban*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-70752-3 (PDF), 24 p. (y compris 5 annexes).
17. **COOPER, C. M.** (1993). « Biological effects of agriculturally derived surface water pollutants on aquatic systems: A review », *Journal of Environmental Quality*, vol. 22, nº 3, p. 402-408.
18. **DELONG, M. D., ET M. A. BRUSVEN** (1998). « Macroinvertebrate community structure along the longitudinal gradient of an agriculturally impacted stream », *Environmental Management*, vol. 22, nº 3, p. 445-457.
19. **WHILES, M. R., B. L. BROCK, A. C. FRANZEN ET S. C. DINSMORE** (2000). « Stream invertebrate communities, water quality, and land-use patterns in an agricultural drainage basin of Northeastern Nebraska, USA », *Environmental Management*, vol. 26, nº 5, p. 563-576.
20. **GRÉGOIRE, YVES, ET GUY TRENCIA** (2007). *Influence de l'ombrage produit par la végétation riveraine sur la température de l'eau: un paramètre d'importance pour le maintien d'un habitat de qualité pour le poisson*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, secteur Faune, Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la région Chaudière-Appalaches, 24 p. (dont 4 annexes).
21. **WANG, L., J. LYONS, P. KANEHL ET R. GATTI** (1997). « Influences of watershed land use on habitat quality and biotic integrity in Wisconsin streams ». *Fisheries*, vol. 22, n° 6, p. 6-12.
22. **ALLAN, J.D., D.L. ERICKSON ET J. FAY** (1997). « The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales ». *Freshwater Biol.*, 37: 149-161.
23. **GIROUX, ISABELLE** (2019). *Présence de pesticides dans l'eau au Québec: portrait et tendances dans les zones de maïs et de soya – 2015 à 2017*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 64 p. + 6 ann., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/mais_soya/portrait2015-2017/rapport-2015-2017.pdf.
24. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2015). Fiche synthèse des projets de gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu agricole. Ruisseau Vouzier - Bassin versant de la rivière Saguenay (Belle Rivière), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/fiches/Vouzier.pdf.
25. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2015). Fiche synthèse des projets de gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu agricole. Ruisseau Rouge - Bassin versant de la rivière Saguenay (Ticouapé), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/fiches/rouge.pdf.
26. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2011). Fiche synthèse des projets de gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu agricole. Rivière des Rosiers - Bassin versant de la rivière Nicolet, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/fiches/des_rosiers.pdf.
27. **RICHARD, YVON, ET ISABELLE GIROUX** (2004). *Impact de l'agriculture sur les communautés benthiques et piscicoles du ruisseau Saint-Georges (Québec, Canada)*, Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, envirodoq nº ENV/2004/0226, collection nº QE/148, 28 p. et 2 ann.
28. **ENVIRONNEMENT CANADA**, 2004. *Quand l'habitat est-il suffisant? Cadre d'orientation pour la revalorisation de l'habitat dans les secteurs préoccupants des Grands Lacs*, 2e édition, Ontario, Environnement Canada, Service canadien de la faune, ISBN: 0-662-35918-6, 81 p.

RÉFÉRENCES (SUITE)

29. **GANGBAZO, G., J. ROY ET A. LE PAGE** (2005). *Capacité de support des activités agricoles par les rivières: le cas du phosphore total*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques en milieu terrestre, envirodoq nº ENV/2005/0096.
30. **HÉBERT, SERGE, ET DANIEL BLAIS** (2017). *Territoire et qualité de l'eau: développement de modèles prédictifs*. Direction générale du suivi de l'état de l'environnement et Direction de l'expertise en biodiversité, ISBN 978-2-550-77770-0 (PDF), 30 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/Rapport_Qualite_Territoire.pdf.
31. **CHAMBERS, P. A., R. B. BRUA, D. J. MCGOLDRICK, B. L. UPSDELL, C. VIS, J. M. CULP ET G.A. BENOY** (2008). *Nitrogen and Phosphorus Standards to Protect Ecological Condition of Canadian Streams in Agricultural Watersheds*, National Agri-Environmental Standards Initiative Technical Series Report nº 4-56, 101 p.
32. **CLEMENTS, WILLIAM H., ET CHRIS KOTALIK** (2016). « Effects of major ions on natural benthic communities: an experimental assessment of the US Environmental Protection Agency aquatic life benchmark for conductivity ». *Freshwater Science*, vol. 35, nº 1, p. 126-138.
33. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2014). Fiche synthèse des projets de gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu agricole. Ruisseau Beloeil - Bassin versant de la rivière Richelieu, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/fiches/beloeil.pdf.
34. **KONRAD, C.P., ET D. B. BOOTH** (2005). « Hydrologic Changes in Urban Streams and Their Ecological Significance ». *American Fisheries Society Symposium*, 47: 157-177.
35. **WALLACE, ANGELA M., MELANIE V. CROFT-WHITE ET JAN MORYK** (2013). « Are Toronto's streams sick? A look at the fish and benthic invertebrate communities in the Toronto region in relation to the urban stream syndrome ». *Environmental monitoring and assessment*, vol. 185, nº 9, p. 7857-7875.
36. **COLES, J.F., T.F. CUFFNEY, GERARD, MCMAHON ET K.M. BEAULIEU** (2004). *The effects of urbanization on the biological, physical, and chemical characteristics of coastal New England streams*: U.S. Geological Survey Professional Paper 1695, 47 p.
37. **DAVIES, P. ERIC, L.S.J. COOK, P.D. MCINTOSH ET COLLAB.** (2005). « Changes in stream biota along a gradient of logging disturbance, 15 years after logging at Ben Nevis, Tasmania ». *Forest Ecology and Management*, vol. 219, nºs 2-3, p. 132-148.
38. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MDDELCC) (2017). *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Troisième rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers*, Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 7 p. + 1 ann.
39. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUE**s (MDDELCC) (2017). *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Évaluation de l'intégrité biotique des communautés de macroinvertébrés benthiques de la rivière Chaudière, automnes 2013, 2014 et 2015*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 37 p. + 8 ann.
40. **LLOYD, NATALIE, GERRY QUINN, MARTIN THOMS ET COLLAB.** (2004). *Does flow modification cause geomorphological and ecological response in rivers*. A literature review from an Australian perspective. CRC for *Freshwater Ecology*, vol. 57.
41. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2018). *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Évaluation in situ de la toxicité des sédiments de la rivière Chaudière pour les communautés de macroinvertébrés benthiques en 2016*, Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 25 p. + 4 ann.
42. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation: synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*. Édition 2015. Montréal, Québec: Ouranos, 415 p.
43. **WOODWARD, GUY, DANIEL M. PERKINS ET LEE E. BROWN** (2010). « Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization ». *Philosophical, Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 365, nº 1549, p. 2093-2106.
44. **MOISAN, JULIE** (2017). *Caractérisation des communautés de macroinvertébrés benthiques du nord du Québec – Fosse du Labrador*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 35 p. + 8 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/fiches/RapportNord2012-2013.pdf.
45. **ALLAN, J.D., ET A.S. FLECKER** (1993). « Biodiversity conservation in running waters ». *BioScience*, 43: 32-43
46. **HEINO, JANI, VIRKKALA RAIMO ET TOIVONEN HEIKKI** (2009). « Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions ». *Biological Reviews*, vol. 84, nº 1, p. 39-54.
47. **RAHEL, F. J., ET J. D. OLDEN** (2008). « Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species ». *Conserv.Biol.*, 22, 521-533 (doi:10.1111/j.1523-1739.2008.00950.x).
48. **PALMER, MARGARET A., DENNIS P. LETTENMAIER, N. LEROY POFF ET COLLAB.** (2009). « Climate change and river ecosystems: protection and adaptation options ». *Environmental management*, 2009, vol. 44, nº 6, p. 1053-1068.
49. **PIGGOTT, JEREMY J., COLIN R. TOWNSEND ET CHRISTOPH D. MATTHAEI** (2015). « Climate warming and agricultural stressors interact to determine stream macroinvertebrate community dynamics », *Global change biology*, vol. 21, nº 5, p. 1887-1906.
50. **ZUELLIG, R. E., ET COLLAB.** (2008). « The influence of metal exposure history and ultraviolet-B radiation on benthic communities in Colorado Rocky Mountain streams », *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 27, nº 1, p. 120-134.
51. **KONRAD, C.P., ET D. B. BOOTH** (2005). « Hydrologic Changes in Urban Streams and Their Ecological Significance ». *American Fisheries Society Symposium*. 47:157-177.



Contaminants émergents : le cas des composés perfluorés

FICHE D'INFORMATION

La production industrielle de produits chimiques a pris son essor au début du xx[e] siècle et s'est accentuée après la Seconde Guerre mondiale, avec des quantités et une variété de produits toujours croissantes. On estime qu'au début des années 2000 il y avait environ 70 000 substances chimiques en usage commercial dans le monde[2].

Au Canada, pour mieux gérer les risques associés aux produits chimiques, une approche globale a été instaurée par la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) de 1999 et le Plan de gestion des produits chimiques (PGPC). Les substances dites « nouvelles », c'est-à-dire mises en marché après 1994, deviennent alors gérées par le *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles*. Les 23 000 produits chimiques en usage commercial avant 1994 ont été catégorisés par le gouvernement fédéral, en fonction des risques qu'ils peuvent poser pour la santé humaine et l'environnement. De ce nombre, 4 300 se sont avérés préoccupants et nécessitent un examen plus poussé[3]. Pour plusieurs substances, l'examen a mené à l'adoption de mesures de contrôle, plus ou moins restrictives selon les risques constatés ou appréhendés. Ces mesures comprennent des incitatifs pour diminuer les rejets dans l'environnement, des restrictions d'usages, jusqu'au bannissement complet de l'utilisation de certains produits.

DESCRIPTION

Au Québec comme ailleurs, des milliers de substances chimiques sont utilisées couramment, dans un très grand nombre de produits de consommation. La présence dans l'environnement d'un grand nombre de ces substances est encore inconnue. L'expression « contaminants émergents », ou « contaminants d'intérêt émergent », désigne des substances dont la présence dans l'environnement est connue depuis relativement peu d'années et dont les risques pour l'humain ou l'environnement ne sont pas encore bien connus. Le terme englobe une grande diversité de substances chimiques entrant dans la fabrication de médicaments, d'enduits imperméabilisants, de produits ignifuges, de détergents, etc. Les microplastiques font également partie des contaminants d'intérêt émergent. Aucun indicateur ne permet de statuer de façon globale sur l'ensemble des contaminants émergents. La présente fiche porte sur une catégorie de ces substances : les composés perfluorés.

Figure 1 Localisation des stations d'échantillonnage



Source : Gouvernement du Québec, 2020

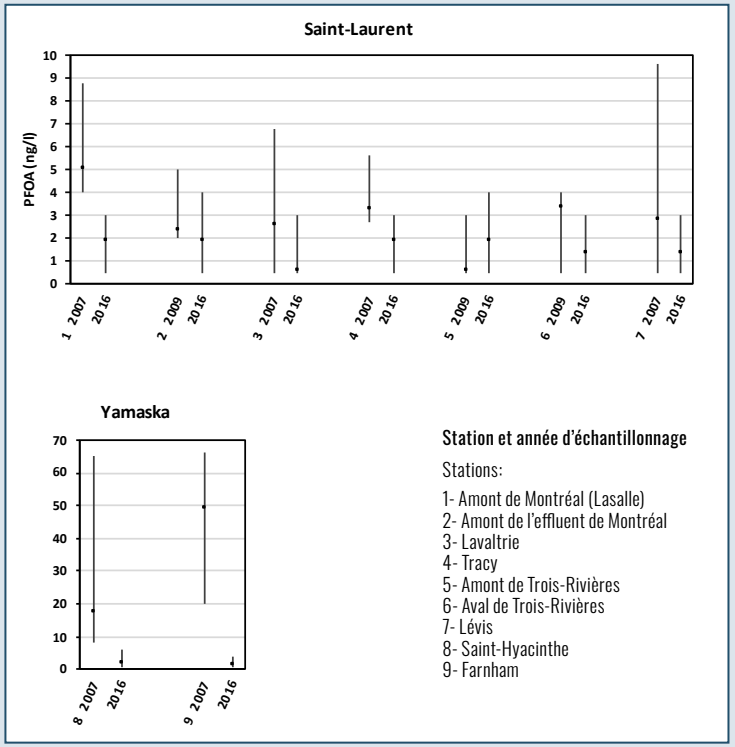
La carte montre l'emplacement des sept stations d'échantillonnage dans le fleuve Saint-Laurent et des deux stations dans le bassin de la rivière Yamaska.

Rédigée par : **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Le sulfonate de perfluorooctane (PFOS) est un des composés perfluorés les plus souvent détectés dans l'environnement. L'évaluation de ce produit réalisée dans le cadre de la LPCE et du PGPC a abouti au constat qu'il est très persistant dans l'environnement, bioaccumulable, potentiellement cancérigène et qu'il a d'autres effets toxiques, comme des atteintes au foie, de l'atrophie du thymus et des effets sur la diversité d'espèces lors d'essais en microcosmes[4]. En conséquence, la fabrication, l'utilisation, la vente et l'importation des produits manufacturés qui contiennent du PFOS ont été interdites en 2008[5]. Sauf pour un nombre limité d'utilisations, il en est de même depuis le 23 décembre 2016 pour l'acide perfluorooctanoïque (PFOA) et d'autres composés perfluorés à longues chaînes[6].

Le MELCC a réalisé un premier suivi des composés perfluorés dans les cours d'eau du Québec de 2007 à 2009[1]. Un second suivi a été réalisé en 2016 pour vérifier si les fortes restrictions d'usages mentionnées plus haut ont mené à une réduction des concentrations de ces produits dans les cours d'eau. La figure 2 montre que c'est bien le cas. À six des sept stations d'échantillonnage dans le fleuve Saint-Laurent, on observe pour le PFOA une diminution des concentrations de 2007-2009 à 2016. Il en est de même aux deux stations dans le bassin de la rivière Yamaska. Dans celle-ci, les concentrations de départ étaient beaucoup plus élevées et la diminution a été plus importante que dans le Saint-Laurent. La fermeture d'une usine de textiles en 2010 à Cowansville, en amont des deux sites d'échantillonnage, pourrait être la raison de cette diminution plus importante[7]. Une analyse de variance confirme que les concentrations de 2016 sont significativement plus basses que celles de 2007-2009, même lorsque l'analyse est réalisée sans les deux stations du bassin de la rivière Yamaska. Les concentrations de composés perfluorés mesurées en 2016 sont basses aux neuf stations échantillonnées. Par exemple, pour le PFOS, le maximum obtenu a été de 4 ng/l, ce qui est de beaucoup inférieur au critère de 6800 ng/l pour la protection de la vie aquatique[8]. Pour le PFOA, le maximum mesuré en 2016 est de 6 ng/l, alors que le critère pour la protection de la vie aquatique est de 880 000 ng/l. Il importe toutefois de signaler que, le PFOS étant persistant et bioaccumulable[4], il serait pertinent de l'analyser dans des organismes aquatiques, d'autant plus que nous disposons de critères pour la protection de la faune terrestre piscivore, exprimés en concentrations dans les poissons. Cependant, très peu de laboratoires disposent d'une méthode permettant d'analyser les composés perfluorés dans les tissus biologiques. De fait, il existe d'autres composés perfluorés pour lesquels il n'y a pas de méthode d'analyse et plusieurs pour lesquels il n'existe pas encore de critères de qualité de l'eau. C'est pourquoi on ne peut pas statuer actuellement sur l'état des cours d'eau en ce qui a trait à toute cette famille de substances.

Figure 2 Concentrations (ng/l) d'acide perfluorooctanoïque (PFOA) aux neuf stations d'échantillonnage en 2007-2009 et en 2016



Le graphique montre les concentrations d'acide perfluorooctanoïque (PFOA), un composé perfluoré, aux neuf stations d'échantillonnage. Les échantillons ont été prélevés en 2007 ou en 2009[1], selon la station, ainsi qu'en 2016. Les résultats montrent une diminution des concentrations de 2007-2009 à 2016 à presque toutes les stations d'échantillonnage.

Le PFOA n'est pas le seul contaminant d'intérêt émergent pour lequel une diminution des concentrations dans les cours d'eau a été constatée. C'est également le cas des nonylphénols éthoxylés, un groupe de produits utilisés notamment comme détergents et confirmés comme étant des perturbateurs endocriniens. Les concentrations de ces substances ont elles aussi diminué dans les cours d'eau à la suite de mesures de contrôle promulguées dans le cadre de la LCPE et du PGPC[9].

PRESSIONS

Les composés perfluorés sont utilisés entre autres comme enduits imperméabilisants et antitaches sur une grande gamme de biens de consommation courants: papiers et cartons d'emballage d'aliments, intérieur des boîtes de conserve, tissus (p. ex.: Scotchguard[MD]), cuir, vêtements, tapis, meubles, etc. Ils servent aussi dans la fabrication d'enduits antiadhésifs pour les instruments de cuisson (p. ex.: Teflon[MD]), de membranes imperméables dans des vêtements de plein air (p. ex.: GoreTex[MD]) et de mousses extinctrices[4].

Les composés perfluorés appliqués sur ces différents biens de consommation peuvent s'en détacher avec le temps, notamment lors du lavage. Ils se retrouvent alors dans les eaux usées municipales et sont acheminés avec celles-ci vers les stations de traitement des eaux usées. Ces dernières n'étant pas conçues pour traiter spécifiquement des substances comme les composés perfluorés, une partie des substances persistantes, comme les composés perfluorés, sont rejetées dans les cours d'eau avec les eaux usées traitées[4].

À la fin de leur vie utile, des objets enduits de composés perfluorés se retrouvent dans les sites d'enfouissement des matières résiduelles. Lors de la dégradation de ces matières, les composés perfluorés peuvent s'en détacher et gagner les eaux de lixiviation des sites d'enfouissement. Ces eaux de lixiviation sont traitées sur place ou acheminées à des ouvrages municipaux de traitement des eaux usées. Dans les deux cas, les traitements appliqués ne peuvent assurer que tous les composés perfluorés seront retenus. Une partie peut se retrouver dans les eaux traitées retournées au cours d'eau récepteur[4].

Des mousses extinctrices contenant des composés perfluorés sont utilisées notamment lors d'incendies d'hydrocarbures. Les eaux de ruissellement de ces incendies, avec leurs composés perfluorés, peuvent ensuite gagner les cours d'eau et les milieux aquatiques environnants. C'est notamment le cas près d'aéroports, à la suite d'incendies d'aéronefs[4]. Certains aéroports hébergent des centres de formation de lutte contre les incendies d'aéronefs qui peuvent être des sources de composés perfluorés pour les eaux souterraines et les milieux aquatiques adjacents.

FORCES

- Eaux usées (municipales, résidentielles)[4]
- Infrastructures de transport[4]
- Activités industrielles[4]
- Sites d'enfouissement de matières résiduelles[4]

IMPACTS

- Impacts sur les organismes aquatiques[4]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[10]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[11]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (L.C. 1999, ch. 33)[3,4,5,6]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Canada)

- Plan de gestion des produits chimiques[3,4,5,6]

AUTRES

- Recherche gouvernementale
  - Caractérisation initiale des effluents des stations d'épuration municipales de grande et de très grande taille (2022-2024)

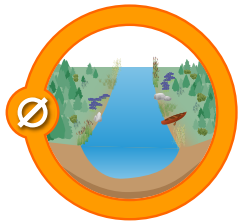
CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements appréhendés au régime hydrologique pourraient avoir une influence sur l'impact des contaminants émergents pour les organismes aquatiques. Par exemple, des étiages plus prononcés[10], qui diminuent le pouvoir de dilution des cours d'eau, pourraient résulter en concentrations plus élevées des contaminants. Les organismes vivants, exposés à ces plus fortes concentrations, pourraient subir des effets plus importants.

L'augmentation de la température de l'air observée au Québec[11] pourrait se traduire par une augmentation de la température des lacs et des cours d'eau, ce qui pourrait augmenter l'activité chimique des contaminants sur les organismes aquatiques exposés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **BERRYMAN, D., C. SALHI, A. BOLDUC, C. DEBLOIS ET H. TREMBLAY** (2012). *Les composés perfluorés dans les cours d'eau et l'eau potable du Québec méridional.* Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 9782550655657 (PDF), 35 p. et 2 annexes.
2. **ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE** (FAO) (2004). « Une quinzaine de produits chimiques et pesticides dangereux à ajouter à la liste "à surveiller" », dans le site FAO Salle de Presse, [En ligne], http://www.fao.org/newsroom/fr/news/2004/50308/index.html (consulté le 19-11-2019).
3. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (2017-03-12). « Améliorer l'approche du Canada », dans le site Le système du Canada sur les substances chimiques, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/substances-chimiques/approche-canada/systeme-canada-adresser-substances-chimiques.htm#a4 (consulté le 9-10-2019).
4. **ENVIRONNEMENT CANADA** (2004). *Rapport d'évaluation préalable des effets sur l'environnement du sulfonate de perfluorooctane, de ses sels et de ses précurseurs contenant les groupes fonctionnels C8F17SO2 ou C8F17SO3*, [En ligne], https://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/documents/substances/spfo-pfos/sc_rep_spfo_ebauche-fra.pdf (consulté le 4 février 2009).
5. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (2008). « Règlement sur le sulfonate de perfluorooctane et ses sels et certains autres composés ». *Gazette du Canada*, partie II, vol. 142, nº 12, p. 13061387.
6. **ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA** (2017). *L'acide pentadécafluorooctanoïque, ses sels et ses précurseurs, et les acides perfluorocarboxyliques à longue chaîne, leurs sels et leurs précurseurs et le Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012)*, [En ligne], http://ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&xml=3E603995-6012-4D22-993B-0ADEA222C2C4 (consulté le 19 avril 2018).
7. **MDDELCC** (2017). *Contaminants d'intérêt émergent, substances toxiques et état des communautés de poissons dans des cours d'eau de la Montérégie et de l'Estrie.* Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 62 p.
8. **MELCC** (2018). *Critères de qualité des eaux de surface au Québec.* Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/.
9. **BERRYMAN, D., B. SARRASIN ET C. DEBLOIS** (2012). *Diminution des concentrations de nonylphénols* éthoxylés *dans les cours d'eau du Québec méridional de 2000 à 2010.* Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 9782550656524 (PDF), 20 p.
10. **MDELCC** (2015). *Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050.* Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Centre d'expertise hydrique du Québec, 81 p.
11. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation: synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec.* Partie 1: *Évolution climatique au Québec*, Montréal, Ouranos, 114 p.



Degré de naturalité des cours d'eau

ÉTAT

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Ne s'applique pas; période de suivi trop courte.

La naturalité globale des cours d'eau (locale et bassin versant) offre une perspective générale sur l'état de naturalité des écosystèmes aquatiques. Comme aucun seuil significatif n'a été développé pour l'interprétation de ces aspects intégrés, on évalue la répartition en fonction de seuils arbitraires, soit le premier quart (2500 sur 10 000) et le dernier quart (7500). Pour l'ensemble des basses-terres du Saint-Laurent, un peu plus de 55% des cours d'eau se retrouvent dans le premier quart. À l'inverse, moins de 10% des cours d'eau sont associés à des valeurs supérieures à 7500. Ce portrait généraliste indique que la plupart des cours d'eau possèdent un degré de naturalité généralement faible, diminuant ainsi leur capacité à remplir des fonctions de stabilisation de rives et d'écran solaire pour diminuer le réchauffement de la température de l'eau.

NATURALITÉ LOCALE

La proportion de milieux naturels dans un corridor riverain de 15 mètres varie selon les régions naturelles du Cadre écologique de référence du Québec[3]. Au moins 60% des cours d'eau qui s'écoulent dans la plaine du haut Saint-Laurent (B01) ont une proportion très faible de milieux naturels (<20%) à l'intérieur de ce corridor. Dans la plaine du moyen Saint-Laurent (B02), 50% des cours d'eau ont un corridor comprenant plus de 67% de milieux naturels tandis que, dans la plaine d'Ottawa (B03), la moitié des cours d'eau ont localement 100% de naturalité (figure 2).

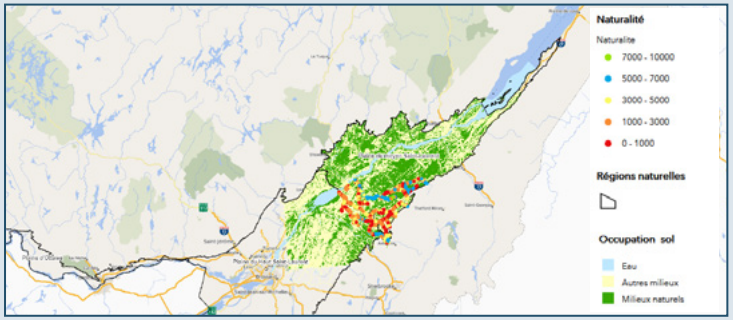
NATURALITÉ DU BASSIN VERSANT

D'après les travaux de Clément et ses collaborateurs[2], le potentiel de maintien de la qualité biologique d'un cours d'eau peut être interprété à partir de la proportion de milieux naturels qui compose un bassin versant. Un seuil de 47%

DESCRIPTION

Dans le cadre du projet de l'*Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les basses-terres du Saint-Laurent*[1], la naturalité des cours d'eau a été évaluée pour caractériser les milieux aquatiques. Le degré de naturalité comprend la naturalité locale du cours d'eau et la naturalité du bassin versant. Il correspond à la proportion occupée par des milieux naturels dans une bande de 15 mètres de chaque côté du cours d'eau et celle du bassin versant. Ces deux variables sont ensuite multipliées afin de représenter la naturalité globale du cours d'eau. Les milieux naturels considérés sont les forêts et les milieux humides. Les proportions de milieux naturels sont cumulées par analyses spatiales le long du réseau hydrographique sur un pas de 100 mètres. La naturalité locale du cours d'eau est favorable au bon fonctionnement des habitats aquatiques puisqu'elle favorise notamment la stabilité des rives pour contrer l'érosion ainsi que la création d'un écran solaire pour limiter le réchauffement de l'eau.

Figure 1 Naturalité des cours d'eau des bassins versants des rivières Bécancour et Nicolet



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Degré de naturalité de la portion des cours d'eau s'écoulant dans les basses-terres du Saint-Laurent. La figure 1 présente un extrait du degré de naturalité des cours d'eau pour les bassins versants des rivières Bécancour et Nicolet, situés dans la région naturelle de la plaine du haut Saint-Laurent (région B01, carte en encart). La majorité des cours d'eau s'écoulant dans cette région naturelle, fortement occupée par les activités agricoles, ont un indice faible de naturalité (<3000).

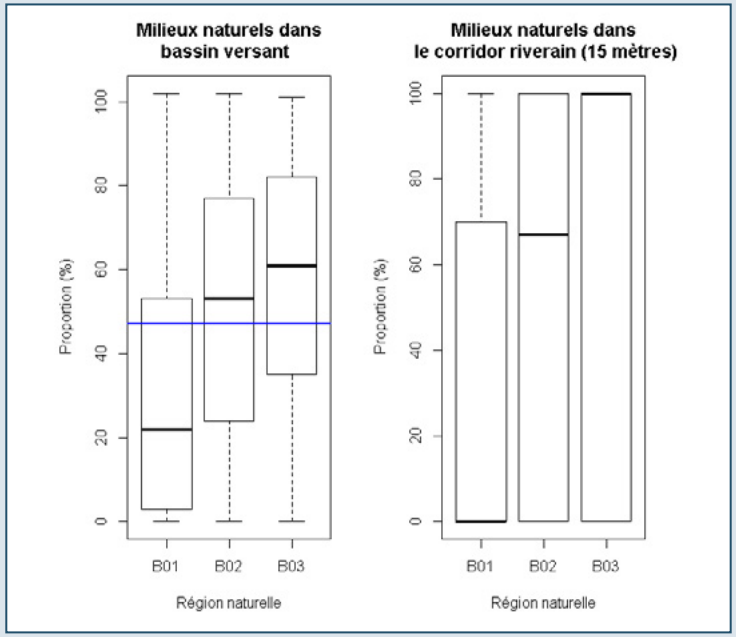
Rédigée par: **Direction des connaissances écologiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

de milieux naturels dans le bassin versant serait suffisant pour le maintien de la qualité biologique d'un cours d'eau. La région naturelle de la plaine du haut Saint-Laurent comprend des cours d'eau qui s'écoulent majoritairement dans les basses-terres du Saint-Laurent. Dans cette région naturelle, 70 % des cours d'eau présentent moins de 47 % de milieux naturels dans leur bassin versant et la moitié en ont seulement près de 20 %. Dans cette région, seulement 30 % des cours d'eau atteignent le seuil de 47 %. Les régions de la plaine du moyen Saint-Laurent (B02) et de plaine d'Ottawa (B03) ont des proportions plus élevées de milieux naturels dans le bassin versant. La région naturelle B02 compte pour sa part 55 % de ses cours d'eau avec des valeurs au-delà du seuil et la région naturelle B03, une valeur de 65 %.

PRESSIONS

Dans les basses-terres du Saint-Laurent, l'urbanisation et l'artificialisation du territoire ont altéré la qualité et la diversité des milieux naturels, dont les milieux aquatiques. Les activités agricoles, le déboisement, l'urbanisation et la présence de barrages seraient les principales sources de modification des habitats affectant plusieurs espèces de poissons d'eau douce[5]. Ces activités perturbent à la fois leur intégrité physique, chimique et biologique, donc l'état de santé général de ces écosystèmes. Par exemple, le redressement des cours d'eau a été subventionné au Québec de 1917 à 1986 afin d'augmenter l'efficacité du drainage de même que la productivité des terres agricoles, si bien que plus de 30 000 km de cours d'eau ont été perturbés entre 1944 et 1976[6,7]. En plus de générer des pertes nettes de milieux naturels, cette pratique a contribué à accentuer l'érosion des berges[10], occasionnant du même souffle des problèmes de sédimentation au sein des habitats aquatiques. Ainsi, les sites où l'eau est la plus dégradée sont situés dans des secteurs où la densité de population et l'activité agricole sont importantes, soit dans les basses-terres du Saint-Laurent, notamment en Montérégie et au pourtour du lac Saint-Pierre[8]. Les aménagements effectués directement dans les cours d'eau affectent aussi grandement leur dynamique et leurs processus naturels. Les interventions humaines qui limitent la mobilité des cours d'eau, comme l'artificialisation des berges, sont fréquentes dans les zones riveraines des environnements urbains et agricoles[9].

Figure 2 Naturalité des cours d'eau par région naturelle dans les basses-terres du Saint-Laurent



Répartition de la naturalité locale et celle du bassin versant par région naturelle (B01 : Plaine du haut Saint-Laurent, B02 : Plaine du moyen Saint-Laurent, B03 : Plaine d'Ottawa). Le seuil de 47 % de milieux naturels dans un bassin versant, comme l'ont démontré Clément et ses collaborateurs[2], est indiqué sur le diagramme de gauche. On observe que près du trois quarts des cours d'eau de la région B01 sont en deçà de ce seuil et sont ainsi susceptibles de ne pas pouvoir maintenir la qualité biologique d'un cours d'eau.

FORCES

- Urbanisation[5]
- Activités agricoles[5]

IMPACTS

- Pertes de services écologiques culturels
- Problèmes d'alimentation en eau potable
- Sécurité immédiate des citoyens (inondation, érosion ou glissement de terrain)
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)
- Pertes de services écologiques de régulation
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Altération des facteurs esthétiques de l'eau potable
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables
- Perte nette d'habitats fauniques
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (chapitre C-6.2) (Loi sur l'eau)
- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) (RLRQ, c. Q-2, a. 22)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **JOBIN, B., L. GRATTON, M.-J. CÔTÉ, O. PFISTER, D. LACHANCE, M. MINGELBIER, D. BLAIS, A. BLAIS ET D. LECLAIR** (2019). *Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les basses-terres du Saint-Laurent* - Rapport méthodologique version finale, incluant la région de l'Outaouais. Environnement et Changement climatique Canada, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Plan d'action Saint-Laurent, Québec, 158 p.
2. **CLÉMENT, F., J.A. RUIZ, M. RODRÍGUEZ, D. BLAIS ET S. CAMPEAU** (2017). « Landscape diversity and forest edge density regulate stream water quality in agricultural catchment ». *Ecological indicators*, vol.72, p. 627-639.
3. **GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MDDELCC), Direction de l'expertise en biodiversité (DEB) (2018). *Cadre écologique de référence du Québec* (CERQ) [Données numériques vectorielles]. Version de diffusion CERQ-VD201804. MDDELCC-DEB, Québec, Québec.
4. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MELCC) (2019). Direction de la connaissance écologique (DEC). Cadre de référence hydrologique du Québec (CRHQ) [Données numériques vectorielles]. Québec, Québec: MDDEP-DEC.
5. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS** (2012). *Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec 1999-2008*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement. ISBN 978-2-550-63649-6 (PDF), 97 p.
6. **BEAULIEU, R.** (2001). *Historique des travaux de drainage au Québec et état du réseau hydrographique*. Colloque régional sur les cours d'eau, Gouvernement du Québec, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction régionale de la Montérégie, secteur Ouest. Sainte-Marie, Québec, Canada, 12 p.
7. **BOUTIN, C., B. JOBIN ET L. BÉLANGER** (2003). « Importance of riparian habitats to flora conservation in farming lanscapes of southern Québec, Canada ». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 94: 73-87.
8. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2013). Rapport sur l'état de l'eau et des écosystèmes aquatiques au Québec, [En ligne], http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/rapportsurleau/Etat-eau-ecosysteme-aquatique.htm.
9. **CHONÉ, G., ET P. M. BIRON** (2016). « Assessing relationship between river mobility and habitat ». *River research and Applications*, 32: 528-539.
10. **ROUSSEAU, Y., ET P. BIRON** (2009). « Geormorphological impacts of channel straightening in an agricultural watershed, southwestern Québec ». *The Northeast Geographer*, 1: 91-113.s



État des écosystèmes riverains

INDICATEUR EN DÉVELOPPEMENT

L'indice de suivi de l'état de l'écosystème riverain (ISÉER) étant en développement, aucune donnée n'est actuellement disponible sur l'état général des milieux riverains du Québec.

IQBR

L'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR), adapté de Saint-Jacques et Richard[1], permet d'évaluer la condition écologique de l'habitat riverain. Il est basé sur la superficie relative occupée par neuf composantes de la bande riveraine, auxquelles on associe un facteur de pondération qui estime le potentiel de chacune d'elles à remplir les fonctions écologiques en regard de la protection des écosystèmes aquatiques.

Bien que l'IQBR soit largement utilisé, il n'existe pas de compilation des données existantes qui sont prises par les divers organismes qui l'utilisent. Voici quelques exemples.

Deux études ont été réalisées en 1998 par le ministère pour les rivières Chaudière[2] et Yamaska[3] lors de l'élaboration de l'indice. L'étude des bandes riveraines de la rivière Chaudière[2] (figure 1) a révélé que plus de la moitié des bandes riveraines de la rivière ont perdu l'aspect naturel de leur couvert. C'est dans le secteur médian de cette rivière que les bandes riveraines ont été le plus dégradées en raison de l'empiétement de l'agriculture[2].

La qualité des bandes riveraines des rivières Yamaska, Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire a été évaluée à partir des photographies aériennes prises en 1992 et 1993, à l'aide de l'IQBR[3] (figure 2). La qualité de la bande riveraine varie grandement le long des cours

DESCRIPTION

L'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR) permet d'évaluer la condition écologique des rives. Il cible des critères susceptibles d'influencer la qualité de l'eau ainsi que certaines fonctions écologiques des rives. Or l'état des écosystèmes riverains dépend de plusieurs autres composantes qui sont peu ou pas considérées dans cet indice. La connectivité longitudinale et latérale, la qualité d'habitat, les apports en bois morts ou la régulation des crues constituent des exemples de ces composantes.

La conception d'un nouvel outil pour le calcul d'un indice de suivi de l'état de l'écosystème riverain (ISÉER) permettra d'établir et de suivre l'état écologique général des milieux riverains. Cet outil, en développement et recourant à la géomatique, s'appuiera sur des principes écosystémiques, car il visera l'ensemble de l'écosystème riverain et pas seulement la rive au sens légal. De plus, cet indice ciblera des variables structurelles et fonctionnelles et leurs caractéristiques critiques pour la qualité de l'eau et le maintien de la biodiversité.

Rédigée par: **Direction de l'agroenvironnement et du milieu hydrique**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Collaboration: **Direction de la qualité des milieux aquatiques et Direction des connaissances écologiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

d'eau étudiés. La qualité est très faible en milieu urbain, comme à Saint-Hyacinthe, Granby et Cowansville, à cause du fort pourcentage de recouvrement par des infrastructures. Ailleurs, la bande riveraine est souvent de faible qualité à cause du fort recouvrement par des cultures ou d'une présence simultanée de cultures et d'infrastructures.

Pour la rivière Centrale[4], l'analyse de la qualité de ses bandes riveraines en 2013 démontre que plus de la moitié des rives de cette rivière, soit 59 %, reçoivent la cote faible ou très faible. Pour la rivière des Anglais[5], une étude réalisée en 2016 indique que près de 50 % des rives sont de qualité faible à très faible.

PRESSIONS

De nombreuses activités anthropiques (urbanisation, infrastructures de transport, activités agricoles, villégiature, etc.) ont eu des impacts (directs et indirects) sur les écosystèmes riverains des cours d'eau et les ont parfois considérablement modifiés.

Ces pressions influencent l'état de cet écosystème, ce qui se traduit par une modification des processus physiques, tels que l'érosion et la sédimentation, une détérioration de la végétation riveraine et une perte d'habitat. De plus, plusieurs études[1] démontrent l'impact négatif de la détérioration de la végétation riveraine sur les milieux aquatiques et leurs communautés biotiques.

L'IQBR repose habituellement sur une caractérisation de l'utilisation du territoire de la bande riveraine (la largeur légale de la rive – 10 à 15 m – est souvent utilisée) obtenue par photo-interprétation ou à l'aide d'observations sur le terrain. Les méthodes employées ainsi que la largeur sur laquelle la bande riveraine est évaluée peuvent toutefois varier d'une étude à l'autre[6,7,8].

À terme, l'ISÉER intégrera plusieurs autres composantes qui sont peu ou pas considérés dans l'IQBR. La connectivité longitudinale et latérale, la qualité d'habitat (basée sur un plus grand spectre de critères), les apports en bois morts ou la régulation des crues constituent des exemples de ces composantes. Ainsi, l'ISÉER permettra d'avoir un portrait plus précis et plus global de l'état du milieu riverain.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques auront des impacts importants sur les températures et l'hydrologie du Québec. Ces changements auront des répercussions sur l'ensemble des écosystèmes, y compris les milieux riverains. À l'inverse, l'état des écosystèmes riverains peut aussi influencer la résilience aux effets des changements climatiques, notamment en contribuant à la régulation de la température des cours d'eau et des crues.

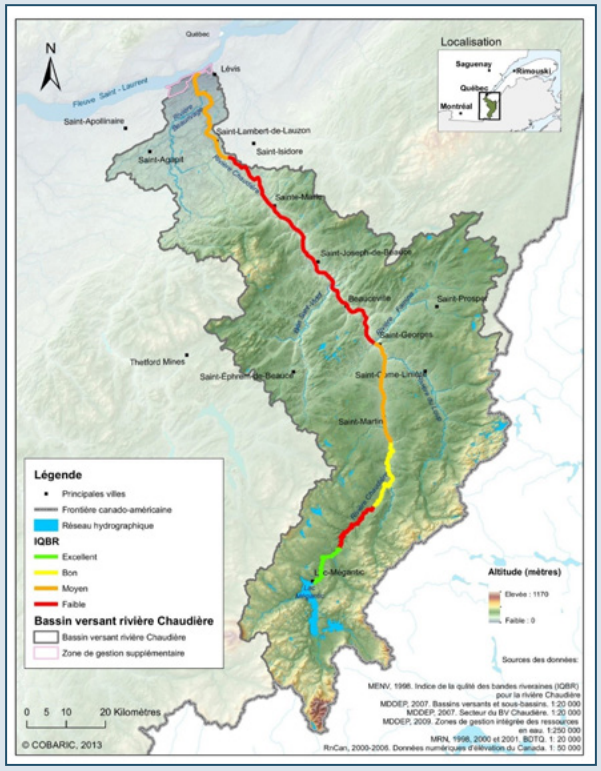
FORCES

- Urbanisation[1]
- Infrastructures de transport[1]
- Activités industrielles[1]
- Activités forestières[1]
- Activités agricoles[1]
- Gestion des barrages [1]
- Activités commerciales[1]

IMPACTS

- Perte des mécanismes de défense naturelle face aux sinistres et coûts d'adaptation liés
- Pertes de services écologiques culturels
- Perte d'un patrimoine naturel ou archéologique québécois
- Sécurité immédiate des citoyens (inondation, érosion ou glissement de terrain)
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)
- Perte de services écologiques d'approvisionnement
- Pertes de services écologiques de régulation
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Altération des facteurs esthétiques de l'eau potable
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables
- Perte nette d'habitats floristiques
- Perte nette d'habitats fauniques
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques
- Pertes de fonctions écologiques
- Perturbations des processus dynamiques liés au fonctionnement des écosystèmes

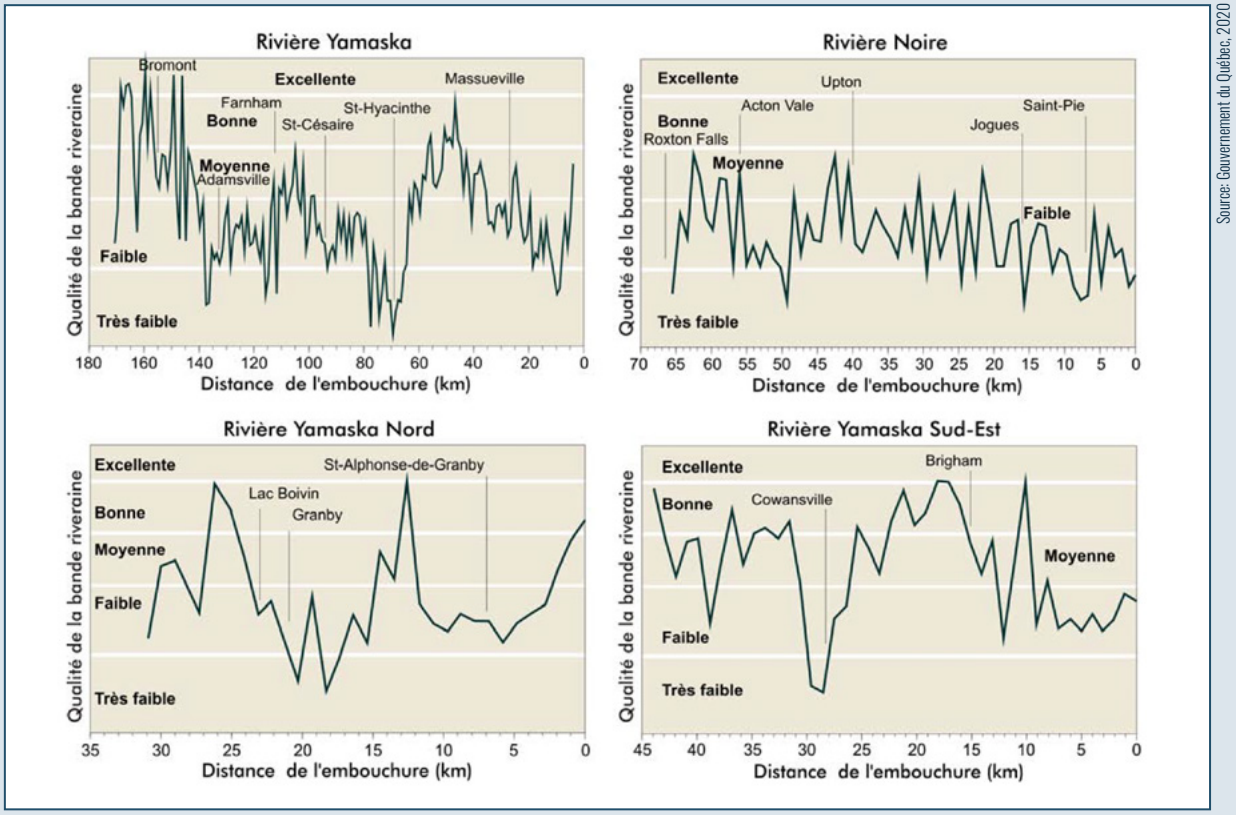
Figure 1 Portrait de l'intégrité de la rivière Chaudière en 1994



Source: COBARIC, 2013

Portrait de l'intégrité des écosystèmes aquatiques de la rivière Chaudière en 1994 en utilisant l'IQBR.

Figure 2 Qualité des rivières Yamaska, Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire en 1993



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Qualité des bandes riveraines des rivières Yamaska, Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire en 1993.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)
- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)
- Diminution de la couverture de glace (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)
- Incendies de forêt plus importants (ex.: durée de saison, superficie et nombre de grands incendies)

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r. 35)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert
- Programme de restauration et de création de milieux humides et hydriques (PRCMHH)

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Développement d'un indice de qualité de la bande riveraine: application à la rivière Chaudière et mise en relation avec l'intégrité biotique du milieu aquatique[1] http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/IQBR/rapport.pdf
- Le bassin de la rivière Chaudière: l'état de l'écosystème aquatique - 1996[2] http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/chaudiere/resume.htm
- État de l'écosystème aquatique du bassin versant de la rivière Yamaska: faits saillants 2004-2006[3] http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/yamaska/FS_Yamaska.pdf
- Rivière centrale: 2013[4] https://obv.nordestbsl.org/riviere-centrale-2013.html
- Étude de caractérisation des bandes riveraines pour la zone de la rivière des Anglais comprise entre la frontière américaine à Hemmingford (amont) et la municipalité d'Howick (aval)[5] http://www.ambioterra.org/wp-content/uploads/2016/10/%C3%89tude-de-caract%C3%A9risation-des-bandes-riveraines-2013.pdf
- Protocole d'évaluation et méthode de calcul de l'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR)[6] http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/IQBR/protocole.htm
- Protocole de caractérisation de la bande riveraine - Protocole élaboré dans le cadre du Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL)[7] http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/bande_riveraine.pdf
- Indice de qualité de la bande riveraine (IQBR) dans l'estuaire d'eau douce - Généralités, protocole et outils[8] http://belsp.uqtr.ca/id/eprint/1281/

RÉFÉRENCES

1. **SAINT-JACQUES, N., ET Y. RICHARD** (1998). Développement d'un indice de qualité de la bande riveraine: application à la rivière Chaudière et mise en relation avec l'intégrité biotique du milieu aquatique, p. 6.1 à 6.41, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/IQBR/rapport.pdf.
2. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE** (1998). *Le bassin de la rivière Chaudière: l'état de l'écosystème aquatique* – 1996, Québec, MEF, Direction des écosystèmes aquatiques, rapport nº EA-12, Envirodoq nº EN980022, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/chaudiere/resume.htm.
3. **BERRYMAN, D.** (2008). État de l'écosystème aquatique du bassin versant de la rivière Yamaska: faits saillants 2004-2006, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-53592-8 (PDF), 22 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/yamaska/FS_Yamaska.pdf.
4. **ORGANISME DES BASSINS VERSANTS DU NORD-EST DU BAS-SAINT-LAURENT** (2013). Rivière centrale: 2013, [En ligne], https://obv.nordestbsl.org/riviere-centrale-2013.html.
5. Étude de caractérisation des bandes riveraines pour la zone de la rivière des Anglais comprise entre la frontière américaine à Hemmingford (amont) et la municipalité d'Howick (aval), [En ligne], http://www.ambioterra.org/wp-content/uploads/2016/10/%C3%89tude-de-caract%C3%A9risation-des-bandes-riveraines-2013.pdf.
6. Protocole d'évaluation et méthode de calcul de l'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/IQBR/protocole.htm.
7. Protocole de caractérisation de la bande riveraine – Protocole élaboré dans le cadre du Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL) Mai 2007, 2e édition - mai 2009, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/bande_riveraine.pdf.
8. FONDATION QUÉBÉCOISE POUR LA PROTECTION DU PATRIMOINE NATUREL (FQPPN) (2010). Indice de qualité de la bande riveraine (IQBR) dans l'estuaire d'eau douce - Généralités, protocole et outils, [En ligne], http://belsp.uqtr.ca/id/eprint/1281/.



Hydraulicité : Q moyen annuel

FICHE D'INFORMATION

Au Québec, le volume moyen qui s'écoule dans l'année en un point donné, soit le débit moyen annuel, est fort variable d'une rivière à l'autre. Différentes stations hydrométriques réparties sur des cours d'eau dont les débits sont dits « naturels », c'est-à-dire très peu ou non influencés par des activités de régulation, révèlent des débits moyens variant entre 0,04 et 605 m^3/s [1]. Ces débits moyens ont été calculés sur une période minimale de dix ans, entre 1970 et 2019.

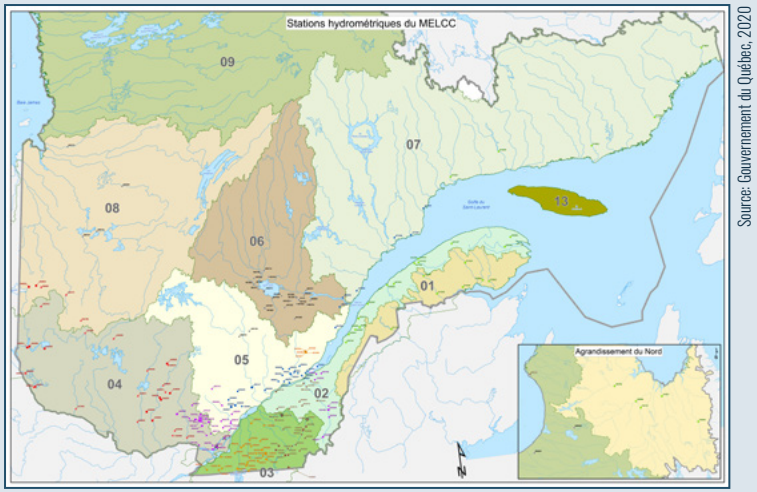
En général, plus le bassin versant d'une rivière est grand, plus son débit est élevé. Cependant, étant donné que l'abondance des précipitations n'est pas uniforme sur le territoire, deux rivières ayant des bassins versants de superficies comparables peuvent avoir des débits différents, l'une bénéficiant de plus de précipitations dans son bassin versant que l'autre. Ainsi, pour faciliter la comparaison des rivières entre elles, le débit peut être normalisé selon l'aire du bassin versant. Les valeurs obtenues, appelées débits spécifiques, expriment donc le débit d'une rivière par kilomètre carré. En proportion de la superficie drainée, les débits moyens spécifiques des rivières au sud s'avèrent plus importants qu'au nord. Les précipitations plus abondantes sur le Québec méridional expliquent ce constat.

Pour la période de 1970 à aujourd'hui, il n'y a pas de tendance significative sur les débits moyens annuels pour les stations hydrométriques non influencées[1].

DESCRIPTION

Afin de brosser un portrait du régime hydrique d'un cours d'eau et de ses fluctuations dans le temps, on a recours à différents indicateurs hydrologiques. Un indicateur hydrologique est une statistique de l'état du débit, et parfois du niveau, d'un cours d'eau qui vise à caractériser différents aspects du régime hydrique de ce dernier, comme un étiage d'été sévère, une crue printanière extrême ou une valeur mensuelle moyenne. Les indicateurs hydrologiques doivent être évalués sur d'assez longues périodes, idéalement au moins 30 ans, afin d'échantillonner suffisamment bien la variabilité du processus à l'étude. Plus précisément, l'hydraulicité qui se définit par la disponibilité des eaux de surface peut être exprimée par la moyenne des débits sur de longues périodes (mois, saison, année, etc.). L'indicateur choisi dans le présent document est le débit moyen annuel (Qmoy). Le débit est généralement exprimé en mètres cubes par seconde (m^3/s) ou en litres par seconde par kilomètre carré ($l/s/km^2$) pour le ramener sur une base spécifique.

Figure 1 Réseau hydrométrique du Québec



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Le Québec compte sur un réseau hydrométrique d'environ 230 stations mesurant les débits ou les niveaux de différents cours d'eau. Ces données d'observations constituent de précieuses informations pour comprendre les caractéristiques d'écoulement d'un bassin versant et évaluer les aléas hydrologiques, comme le risque d'inondation. Elles sont aussi indispensables pour valider les modèles hydrologiques, c'est-à-dire s'assurer que les débits reproduits par les modèles correspondent bel et bien aux débits observés dans la réalité.

Rédigée par: **Direction de l'expertise hydrique**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

PRESSIONS

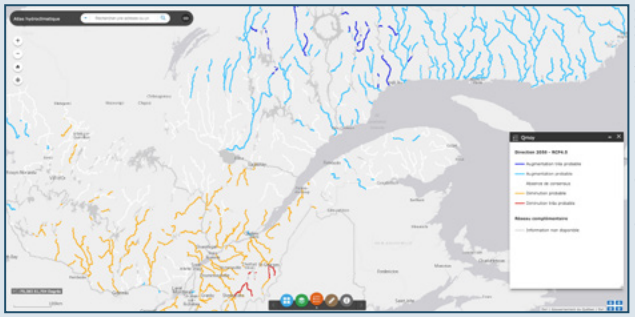
La gestion des barrages nécessite souvent une gestion des volumes stockés, tant pour réduire les risques d'inondation que pour pouvoir disposer des réserves suffisantes au maintien des divers usages en eau en période de faibles débits et de sécheresse. Ainsi, plus un barrage a un gros réservoir par rapport au débit moyen de la rivière, plus il aura la capacité d'influencer l'écoulement. Typiquement, cette influence se traduira par un lissage de l'hydrogramme: atténuation des pointes de crue et soutien des débits pendant les étiages. Autrement dit, il y aura moins de variabilité autour du débit moyen annuel. Ce ne sont pas tous les ouvrages qui ont cette capacité d'influencer le régime hydrique: par exemple, les barrages au fil de l'eau (c'est-à-dire sans réservoir) auront une influence minime sur les débits.

Il existe peu d'autres sources de pression sur l'hydraulicité, si ce n'est certains prélèvements en eau sur les petits cours d'eau qui peuvent influencer les débits moyens estivaux.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

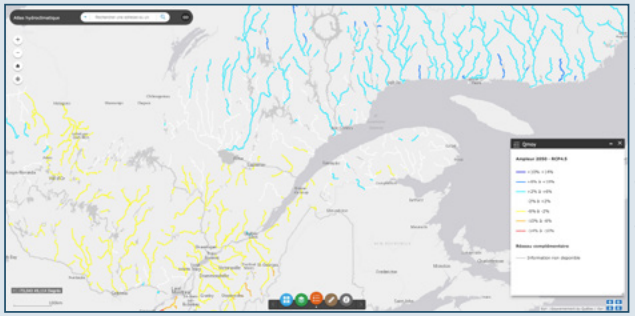
L'impact des changements climatiques sur les débits moyens dépend notamment des régions et des périodes considérées. Pour le débit moyen annuel, sous le 48e parallèle, une diminution de 2 % à 10 % par rapport aux valeurs actuelles est probable. Pour les

Figure 2A Projections pour le débit moyen annuel (Qmoy) à l'horizon 2050 pour le scénario RCP4.5 (Direction du changement)



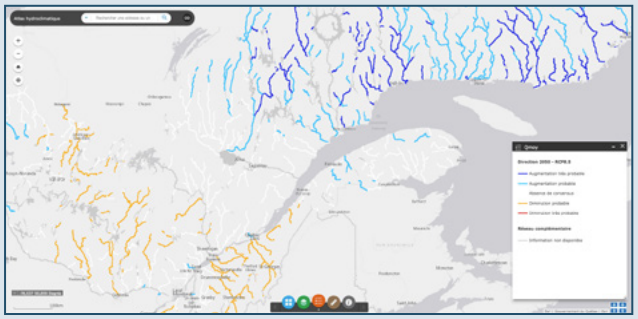
Source: Gouvernement du Québec, 2020

Figure 2B Projections pour le débit moyen annuel (Qmoy) à l'horizon 2050 pour le scénario RCP4.5 (Ampleur du changement)



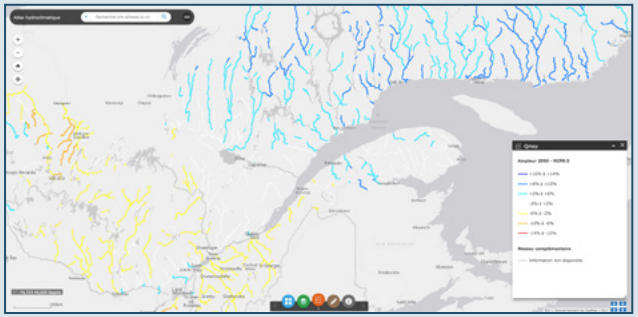
Source: Gouvernement du Québec, 2020

Figure 3A Projections pour le débit moyen annuel (Qmoy) à l'horizon 2050 pour le scénario RCP8.5 (Direction du changement)



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Figure 3B Projections pour le débit moyen annuel (Qmoy) à l'horizon 2050 pour le scénario RCP8.5 (Ampleur du changement)



Source: Gouvernement du Québec, 2020

régions du Saguenay, du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie, il n'y a pas de changements projetés. Pour les rivières de la Côte-Nord, une augmentation de 2 % à 6 % du débit moyen annuel est projetée[3].

Ces moyennes annuelles masquent cependant des changements intra-annuels plus importants. Par exemple, pour l'horizon 2041-2070 et un scénario de gaz à effet de serre RCP 4.5, une augmentation de l'hydraulicité hivernale de 6 % à 10 % est anticipée pour tout le territoire. À l'inverse, pour la saison d'été-automne, une baisse de l'hydraulicité de 5 % à 15 % est projetée sur tout l'ouest du Québec méridional ; il n'y a pas de tendance pour l'Est (Gaspésie, Bas-Saint-Laurent et Côte-Nord)[3].

Tous ces changements pourraient potentiellement affecter la gestion des barrages et la production d'hydroélectricité[4]. Par exemple, plus d'eau et plus d'énergie seront vraisemblablement disponibles pendant l'hiver, ce qui permettrait de mieux répondre à la forte demande de cette période. Aussi, les agriculteurs et les responsables des prises d'eau potable pourraient envisager l'utilisation d'ouvrages d'emmagasinement (barrages, réservoirs, etc.) pour se prémunir contre la baisse des volumes d'eau estivaux.

FORCES

- Gestion des barrages[2]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[3,4]

RÉPONSES

AUTRES

- Développement et mise à jour d'atlas
  Atlas hydroclimatique du Québec méridional[3]
  et son document d'accompagnement[4]
  Réseaux de suivi
  - Réseau hydrométrique québécois[5]

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Le réseau hydrométrique québécois[5]
  https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/reseau/index.htm
- *Atlas hydroclimatique du Québec méridional*[3]
  http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique
  et son document d'accompagnement[4]
  http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/doc-accompagnement.pdf

RÉFÉRENCES

1. **INFORMATIONS FOURNIES POUR LE RAPPORT EN 2019 PAR LE MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES,** Direction de l'expertise hydrique et atmosphérique, Direction adjointe de l'hydrologie et de l'hydraulique.
2. **SÉCURITÉ DES BARRAGES,** [En ligne], https://www.cehq.gouv.qc.ca/securite-barrages/index.htm.
3. *Atlas hydroclimatique du Québec méridional*, [En ligne], www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique.
4. **DOCUMENT D'ACCOMPAGNEMENT DE L'ATLAS 2018,** [En ligne], https://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/doc-accompagnement.pdf.
5. **LE RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE QUÉBÉCOIS,** [En ligne], https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/reseau/index.htm.



Indice de qualité morphologique (IQM)

INDICATEUR EN DÉVELOPPEMENT

L'état hydrogéomorphologique des cours d'eau du Québec est actuellement en développement.

Cependant un outil[5] d'aide à la décision pour l'analyse et la conception des projets en milieux hydriques à partir de concepts en géomorphologie fluviale récemment développé intègre l'indice de qualité morphologique (IQM).

Cet indice compare l'état d'un cours d'eau à un état de référence jugé optimal[1] au regard des pressions identifiées. Son usage permet également la mesure des impacts ou des gains environnementaux associés à une intervention[2,3].

L'IQM est une transcription[5] du Morphological Quality Index (MQI) développé originellement en Italie[1] puis étendu et appliqué à d'autres pays européens[9].

Le calcul de l'indice est fait à partir d'observations et de mesures simples relatives à la forme et aux processus du cours d'eau ainsi qu'à la présence d'éléments anthropiques susceptibles de perturber son fonctionnement. Ces critères sont associés à un état de référence théorique et ne réfèrent pas à un état historique prétendument naturel et fonctionnel. De fait, il est reconnu que les cours d'eau évoluent sans cesse en fonction des conditions changeantes au niveau de l'occupation du territoire et du climat[4].

L'indice est construit[5] à partir de questions réparties dans deux catégories : fonctionnalités (F) et artificialités (A). Les fonctionnalités (F) réfèrent à des formes et des processus actifs dans le cours d'eau, alors que les artificialités (A) détaillent les composantes anthropiques susceptibles d'en altérer le fonctionnement. Ces deux catégories touchent alternativement aux processus de continuité hydraulique, sédimentaire et ligneux, aux échanges et à la connectivité avec une plaine inondable, à la morphologie du lit, aux caractéristiques du substrat ainsi qu'à la couverture végétale de la bande riveraine. Chaque question est rattachée à une liste de choix de réponses nécessitant une analyse par photographies aériennes ou une visite sur le terrain. Les observations sont produites à l'échelle d'un tronçon homogène.

DESCRIPTION

L'indice de qualité morphologique (IQM) permet de décrire l'état morphologique d'un cours d'eau selon des critères relatifs à son fonctionnement, à son niveau d'anthropisation ainsi qu'à son niveau d'altération en réponse à des perturbations. Cette méthode est basée sur la morphologie et la dynamique des cours d'eau. Ainsi l'IQM permet de prendre en compte des processus physiques tels que la continuité sédimentaire, la dynamique du bois, l'érosion des berges, la mobilité latérale et les ajustements du lit.

L'IQM est donc un outil clair et objectif permettant d'évaluer l'état écologique d'un cours d'eau selon la perception de la géomorphologie fluviale. Un cours d'eau en bon état étant un cours d'eau dont la morphologie est cohérente avec l'évolution des processus physiques.

Rédigée par: **Direction de l'agroenvironnement et du milieu hydrique**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

L'indice permet de fournir un portrait objectif de l'état hydrogéomorphologique d'un cours d'eau, mais il permet également d'évaluer les impacts ou les gains environnementaux associés à une intervention dans le cours d'eau.

L'outil[5] intégrant l'indice présente une étude de cas où l'IQM est appliqué à l'analyse d'un aménagement de la branche Xavier-Boucher, un cours d'eau agricole dans le périmètre urbain de la ville de Rimouski (figure 1).

PRESSIONS

Longtemps la problématique de qualité de l'eau n'a été abordée que sous l'angle physico-chimique et des sources de pollution.

Toutefois de nombreuses activités anthropiques (urbanisation, infrastructures de transport, activités agricoles, barrages et leur gestion, villégiature et navigation, prélèvements d'eau, etc.) ont eu des impacts (directs et indirects) sur les cours d'eau ayant conduit parfois à modifier considérablement et durablement les processus hydrologiques et géomorphologiques qui y interviennent. Ces pressions peuvent se traduire principalement par des travaux de curage des cours d'eau en milieu agricole, de stabilisation de berges, de protection contre les inondations, de retrait du bois à l'intérieur du lit et de la gestion de la végétation riveraine.

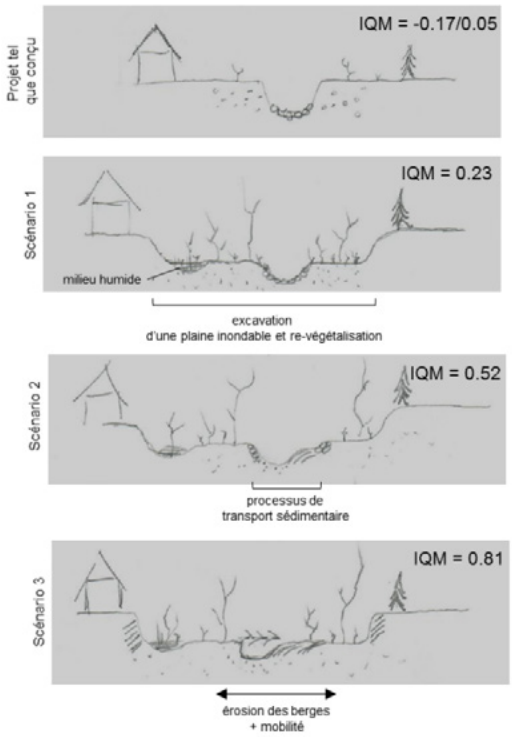
Toutes ces pressions influencent l'état de cet écosystème et se manifestent par une modification des processus physiques, tels que l'érosion et la sédimentation, lesquels sous-tendent les formes du lit des rivières (la morphologie du lit).

LA COMPOSANTE HYDROMORPHOLOGIQUE SOUTENANT LA COMPOSANTE BIOLOGIQUE

L'équilibre de ces processus et les caractéristiques qui en découlent sont des composantes essentielles des écosystèmes aquatiques : supports des espèces vivantes, ils façonnent les habitats et soutiennent les processus écologiques. Ils contrôlent ainsi l'intégrité des milieux hydriques, la biodiversité et les services écosystémiques associés.

Un bon état hydromorphologique du cours d'eau contribue ainsi au bon fonctionnement écologique des milieux hydriques et renforce leurs capacités d'adaptation au changement climatique. Une meilleure caractérisation du fonctionnement fluvial et des perturbations qui influent sur ces différents processus est rendue nécessaire pour assurer une gestion environnementale intégrée et durable. En ce sens, un indicateur spécifique devrait permettre de caractériser de manière objective l'état et les pressions exercées sur l'hydromorphologie des rivières.

Figure 1 Exemple de résultats de l'IQM



Exemple de résultats de l'IQM appliqués à plusieurs scénarios d'aménagement de la branche Xavier-Boucher (Source: S. Demers [5]).

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques auront des impacts importants sur l'hydrologie du Québec. Comme ces changements influent sur toutes les composantes du cycle de l'eau qui interagissent entre elles, la nature de ces impacts est complexe.

Les principaux impacts sur l'hydrologie sont les suivants:

- Les étiages seront plus importants en été sur l'ensemble du territoire, découlant d'une plus forte évapotranspiration, ce qui augmentera la pression exercée sur l'approvisionnement en eau, les écosystèmes aquatiques et diverses activités récréatives;
- Les crues seront plus intenses en été et en automne, favorisant l'érosion des berges, les inondations subites, le rejet d'eaux usées par surverse et le lessivage des sols, ce qui aura un impact sur la qualité de l'eau;
- Le cycle de l'eau sera globalement modifié et présentera une hydraulicité plus forte en hiver, plus faible en été et plus forte dans le nord du territoire, ce qui aura notamment des répercussions sur la production hydroélectrique.

Toutefois, l'intensité de ces impacts varie de façon importante selon les caractéristiques des rivières et leur emplacement sur le territoire.

Une modification importante de l'hydrologie aura forcément des répercussions sur l'hydromorphologie des cours d'eau. L'hydrologie fait partie des variables de « contrôle », avec la charge alluviale (débit solide), établissant un équilibre dynamique au sein des cours d'eau. Cet équilibre permet à celui-ci de s'adapter à toute modification, entre autres au niveau de la largeur, de la sinuosité et de la pente locale. Ainsi une modification de l'hydrologie due aux changements climatiques pourrait entraîner des modifications de la morphologie des cours d'eau, par des processus d'érosion-dépôt.

Pour plus de détails sur les impacts appréhendés des changements climatiques sur le régime hydrique des cours d'eau du Québec méridional, on peut consulter l'*Atlas hydroclimatique du Québec méridional* 2018[7]. L'*Atlas* décrit l'impact des changements climatiques sur les débits d'eau en rivière aux horizons 2030, 2050 et 2080 sur plus de 1 500 tronçons de rivières du Québec méridional.

FORCES

- Urbanisation
- Infrastructures de transport
- Activités agricoles
- Gestion des barrages
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)
- Navigation commerciale sur le Saint-Laurent
- Prélèvements d'eau
- Curage des cours d'eau agricoles
- Stabilisation de berges
- Protection contre les inondations
- Retrait du bois
- Gestion de la végétation riveraine

IMPACTS

- Dommages aux infrastructures humaines et coûts liés (routes, bâtiments, etc.)
- Perte des mécanismes de défense naturelle face aux sinistres et coûts d'adaptation liés
- Problèmes d'exploitation des barrages
- Pertes de services écologiques culturels
- Perte d'un patrimoine naturel ou archéologique québécois
- Sécurité immédiate des citoyens (inondation, érosion ou glissement de terrain)
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)
- Perte de services écologiques d'approvisionnement
- Pertes de services écologiques de régulation
- Perte nette d'habitats fauniques

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)
- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)
- Diminution de la couverture de glace (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)
- Incendies de forêt plus importants (ex.: durée de saison, superficie et nombre de grands incendies)

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

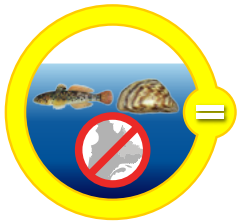
- *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (chapitre C-6.2) (Loi sur l'eau)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert
- Programme de restauration et de création de milieux humides et hydriques (PRCMHH)

RÉFÉRENCES

1. **RINALDI, M., N. SURIAN, F. COMITI ET M. BUSSETTINI** (2013). « A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: the Morphological Quality Index (MQI) ». *Geomorphology*, 180, 96-108.
2. **RINALDI, M., N. SURIAN, F. COMITI, M. BUSSETTINI, L. NARDI ET B. LASTORIA** (2015). « IDRAIM: a methodological framework for hydromorphological analysis and integrated river management of Italian streams ». *Engineering Geology for Society and Territory*, vol. 3 (p. 301-304). Springer, Cham.
3. **BELLETTI, B., L. NARDI, M. RINALDI, M. POPPE, K. BRABEC, M. BUSSETTINI, [...] ET J. KAIL** (2018). « Assessing Restoration Effects on River Hydromorphology Using the Process-based Morphological Quality Index in Eight European River Reaches ». *Environmental Management*, 61(1), 69-84.
4. **DUFOUR, S., ET H. PIÉGAY** (2009). « From the myth of a lost paradise to targeted river restoration: forget natural references and focus on human benefits ». *River research and applications*, 25(5), 568-581.
5. **DEMERS, S., M.A. ROY, S. MASSE C. BESNARD ET T. BUFFIN-BÉLANGER** (2018). Outils d'aide à la décision pour l'analyse des projets hydriques à partir de concepts en géomorphologie fluviale, Université du Québec à Rimouski, Laboratoire de géomorphologie et de dynamique fluviale, version 02, juin 2018. Pour le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).
6. **RINALDI, M., M. BUSSETTINI, N. SURIAN, F. COMITI ET A.M. GURNELL** (2016). *Guidebook for the evaluation of stream morphological conditions by the Morphological Quality Index (MQI)*, 187 p.
7. ***Atlas hydroclimatique du Québec méridional*** (2018), [En ligne], http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique.
8. **RINALDI, M., N. SURIAN, F. COMITI, M. BUSSETTINI, B. BELLETTI, L. NARDI, B. LASTORIA ET B. GOLFIERI** (2015). *Guidebook for the evaluation of stream morphological conditions by the Morphological Quality Index (MQI)*, Deliverable 6.2, Part 3, of Restoring rivers for effective catchment management (REFORM), a Collaborative project (large-scale integrating project) funded by the European Commission within the 7th Framework Programme under Grant Agreement 282656, 163 p.



Indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

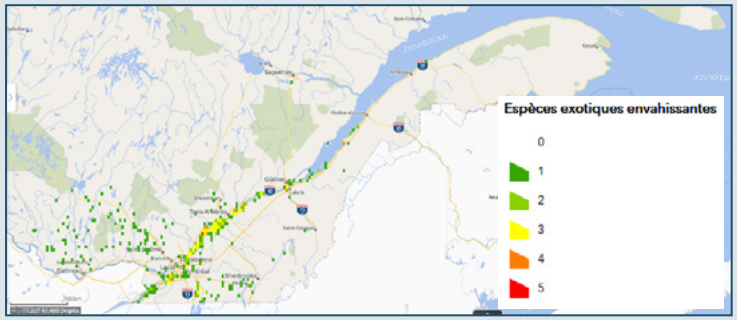
L'histoire de l'introduction d'espèces aquatiques envahissantes (EAE) au Québec remonte à plus d'un siècle. La première introduction documentée est celle de la carpe commune (*Cyprinus carpio*), qui fut probablement introduite de manière volontaire et accidentelle dans les années 1910 aux États-Unis, dans les eaux du Saint-Laurent et quelques-uns de ces tributaires[1]. Le nombre d'EAE s'est ensuite maintenu sur une période relativement longue, où peu d'espèces exotiques ont été introduites ou ont proliféré dans les eaux québécoises. Au tournant du dernier siècle, une augmentation de la colonisation d'EAE à l'échelle mondiale a été observée[2,5].

Depuis 1985, le Québec a suivi cette tendance avec une accumulation croissante d'EAE présentes sur son territoire (figure 2B, panneau de droite). Les périodes 1985-1995 et 2015-2020 sont caractérisées par la confirmation de nouvelles espèces d'EAE dans les eaux québécoises. Ces périodes correspondent, entre autres, à la détection des moules zébrées et quagga (*Dreissena polymorpha* et *D. bugensis*, 1989 et 1992), de la tanche (*Tinca tinca*, 1991), du gardon rouge (*Scardinius erythrophthalmus*, 1990) et du gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*, 1997). La deuxième vague d'introduction a été marquée par l'arrivée du cladocère épineux (*Bythotrephes longimanus*, 2014), de la carpe de roseau (*Ctenopharyngodon idella*, 2016) et de la puce d'eau en hameçon (*Cercopagis pengoi*, 2019). Par contre, l'indice d'introduction montre aussi que l'arrivée de nouvelles EAE a été faible ou très faible lors de certaines périodes (1995-2005, 2010-2015). La tendance de l'indicateur est donc au maintien; de nouvelles apparitions d'EAE surviennent encore, mais la situation est similaire à celle des périodes précédentes.

DESCRIPTION

L'indice quinquennal d'introduction est une mesure globale (à l'échelle du Québec) de l'introduction d'espèces aquatiques envahissantes (animales) et de la pression cumulative qu'elles imposent. Cet indicateur se veut une mesure intégrative de la pression d'introduction et d'établissement des espèces aquatiques envahissantes (EAE) dans les habitats aquatiques du Québec. Il est calculé à partir des données de détection et des suivis de la faune aquatique pratiqués dans le fleuve Saint-Laurent et les eaux intérieures du Québec et se base sur le nombre d'EAE présentes au Québec depuis 1985. Ces données sont compilées et archivées par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

Figure 1 Répartition des occurrences d'EAE au Québec entre 1985 et 2018



Source: Gouvernement du Québec, 2020

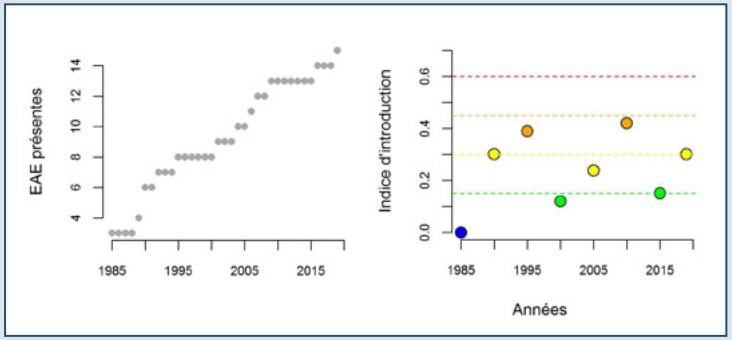
Carte de la répartition des occurrences d'espèces aquatiques envahissantes sur le territoire du Québec entre 1985 et 2018. Les couleurs représentent le nombre d'espèces aquatiques envahissantes détectées par grille de 5 km^2.

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune aquatique**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Il est cependant à noter que certaines espèces aquatiques envahissantes ont été observées au Québec pendant quelques années avant de disparaître complètement. C'est le cas de la petite corbeille d'Asie (*Corbicula fluminea*), dont des spécimens ont été détectés dans la zone du panache d'eau chaude causé par le rejet des eaux de refroidissement du cœur nucléaire de la centrale Gentilly-2, aux abords du fleuve Saint-Laurent[3]. Ces conditions étaient vraisemblablement favorables à ce bivalve subtropical, dont certains auteurs suggèrent une mortalité complète en dessous de 2 °C[4]. Depuis la fermeture de la centrale en décembre 2012, le différentiel de température s'est estompé et les suivis subséquents n'ont mené à aucune détection de l'espèce. Cette disparition et d'autres ont cependant été masquées, lors du calcul de l'indice, par l'arrivée subséquente de nouvelles EAE.

L'allure de la courbe d'invasion (figure 2A, panneau de gauche) montre une tendance linéaire à l'augmentation d'espèces aquatiques envahissantes dans les eaux du Saint-Laurent, sans indice de diminution du rythme de l'envahissement. Cette courbe est conséquente aux conclusions récentes que la vision « du pire est derrière nous » n'est pas valable pour le bassin des Grands Lacs[2,5]. Le suivi de l'évolution de l'indice pourra éventuellement donner une appréciation critique des actions de prévention entreprises contre les futures introductions d'EAE. En effet, il est permis de croire que certaines mesures mises en place dans les dernières années au Québec (ex.: interdiction de l'utilisation de poissons-appâts vivants, sensibilisation à l'importance du nettoyage des embarcations), en plus de l'effort collectif entrepris par les États et provinces du bassin des Grands Lacs (ex.: Great Lake Restoration Initiative) pourraient avoir un effet atténuateur sur le rythme d'invasion.

Figure 2 (A) Évolution du nombre d'EAE présentes et (B) Indice quinquennal d'introduction des EAE depuis 1985



Évolution annuelle du nombre d'espèces aquatiques envahissantes présentes dans les eaux québécoises depuis 1985 (A panneau de droite) et calcul de l'indice quinquennal d'introduction des espèces aquatiques envahissantes pour la même période (B panneau de gauche). La couleur des points représente l'état de l'indice à chaque période (bleu = bon, vert = intermédiaire-bon, jaune = intermédiaire, orange = intermédiaire-mauvais ou rouge = mauvais).

PRESSIONS

L'introduction d'espèces aquatiques envahissantes est fortement liée aux activités humaines, à toutes échelles, du commerce international jusqu'au relâchement d'animaux domestiques par un citoyen dans un étang de son quartier. À grande échelle spatiale, les déplacements internationaux ont grandement favorisé le transport d'espèces aquatiques exotiques, de manière délibérée ou non, dont certaines se sont révélées envahissantes. Dans les dernières décennies, la mondialisation de la société a été un accélérateur de l'introduction et cause un monde où de nombreuses grandes barrières biogéographiques ne sont plus un obstacle à la dispersion des espèces[9]. Ainsi, l'augmentation du trafic maritime[5] et du nombre

FORCES

- Urbanisation
- Pêche récréative ou de subsistance[8]
- Infrastructures de transport[5,6]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[8]
- Navigation commerciale sur le Saint-Laurent[5,6]
- Aquariophilie et jardins d'eau[7]

d'ouvrages d'aide à la navigation qui l'accompagnent[5,9] modifie grandement le potentiel de prolifération des espèces exotiques.

De manière plus régionale, le fleuve Saint-Laurent est une des plus importantes portes d'entré de la navigation commerciale vers le bassin des Grands Lacs, qui constitue le cœur commercial de l'est de l'Amérique du Nord. La construction de la voie maritime et de son système d'écluses permet aux navires internationaux d'entrer profondément dans le continent, jusqu'aux grands ports en eaux douces situés au pourtour des Grands Lacs. Ces ouvrages ont créé de nombreuses occasions d'établissement pour les EAE. De fait, de nombreux envahisseurs ont généralement été détectés à proximité de ces ports, avant d'être observés dans le Saint-Laurent. Leur introduction est vraisemblablement due aux transports par les eaux de ballasts. Leur établissement fut facilité par les nombreuses similitudes avec les conditions environnementales présentes dans leur aire d'origine. Pour cause, plusieurs EAE établies dans le bassin des Grands Lacs et du Saint-Laurent sont des espèces originaires de la région ponto-capsienne (mers Caspienne, Azov et Noire), notamment le gardon rouge, le gobie à taches noires, la moule zébrée ou le cladocère épineux.

Une fois qu'une EAE est installée dans le corridor fluvial, des introductions secondaires peuvent survenir grâce à la connectivité naturelle des plans d'eau avec le fleuve. Également, des activités humaines telles que le commerce d'animaux vivants, la navigation de plaisance, le tourisme, le commerce de poissons-appâts vivants ou les introductions illégales peuvent être des vecteurs d'introduction et de dispersion[7,8]. L'augmentation de la fréquentation des plans d'eau par des plaisanciers et l'omission de pratiquer un nettoyage approprié des embarcations ou des équipements de loisirs (ex.: pêche sportive, kayak, plongée) sont une combinaison de facteurs menant fréquemment à de nouvelles introductions. C'est le cas pour des espèces comme le cladocère épineux et la moule zébrée, dont les activités de plaisance sont les principaux vecteurs d'introduction secondaire.

Finalement, des vecteurs d'introduction d'EAE sont liés à des actes en apparence banals. Par exemple, le relâchement des poissons-appâts vivants pour des motifs de compassion ou encore comme motivation à fournir des proies aux prédateurs ciblés par la pêche sportive est un vecteur reconnu d'introduction, leur utilisation est maintenant interdite au Québec. L'accès facilité à l'acquisition d'espèces exotiques pour la garde en captivité[10] contribue également à la prolifération d'espèces exotiques. Par accident ou volontairement, certains spécimens sont relâchés dans un milieu naturel et prolifèrent si les conditions environnementales le permettent.

IMPACTS

- Dommages aux infrastructures humaines et coûts liés (routes, bâtiments, etc.)[11]
- Perte ou limitation d'activité commerciale de villégiature[11,12]
- Limitation du potentiel économique qu'offre la navigation dans le fleuve Saint-Laurent[11]
- Pertes de services écologiques culturels[13]
- Problèmes d'alimentation en eau potable[11,12,13]
- Contamination de l'eau potable utilisée et problèmes de santé en découlant (risques associés à la mortalité de masse)[11,12,13]
- Sécurité immédiate des citoyens (inondation, érosion ou glissement de terrain)[11,12,13]
- Stress imposé aux citoyens[11,12,13]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche etc.)[11]
- Perte ou limitation de la pêche commerciale[11]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[13]
- Perte nette d'habitats floristiques[13]
- Perte nette d'habitats fauniques[13]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[14,15]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[14,15,16,17]
- Incendies de forêt plus importants (ex.: durée de saison, superficie et nombre de grands incendies)
- Augmentation du niveau de la mer
- Changements potentiels pour l'invasion des EAE – Général[14,15]
- Changements potentiels pour l'invasion des EAE – Nord[16]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les effets potentiels des changements climatiques sur la capacité des EAE à se disperser et, par la suite, sur leur chance de survie dans un nouvel environnement sont variés. Ils sont difficilement quantifiables en raison des nombreuses interactions possibles entre les variables concernées. Au Québec, il est hautement probable que les changements climatiques causent, entre autres, une hausse des températures de l'eau, une diminution du couvert de glace, une altération des modèles de précipitations et de l'écoulement de l'eau, et des déplacements du front salin (dans le fleuve Saint-Laurent ou les estuaires des grands tributaires qui se jettent dans les eaux salées).

Tous ces changements peuvent favoriser les EAE au détriment des espèces indigènes en causant la disparition des contraintes de dispersion ou de survie reliées aux températures froides (limites associées aux latitudes nordiques ou à l'élévation) ou d'autres conditions environnementales défavorables. De plus, la création de nouvelles voies de dispersion lors de périodes d'inondation peut survenir à la suite de changement dans le modèle des précipitations (la période dans l'année ou les volumes d'eau impliqués) ou de l'écoulement[14, 15]. De nombreuses espèces envahissantes ont des traits qui les favorisent dans des environnements changeants (ex. : tolérances environnementales plus étendues, croissance plus rapide ou potentielle pour la dispersion sur de longues distances), ce qui n'est pas toujours vrai chez les espèces indigènes[14]. En conséquence, les changements climatiques pourraient augmenter l'avantage compétitif ou la prédation des EAE sur les espèces indigènes dans un environnement changeant, ainsi que la propagation et la virulence de certaines maladies ou certains virus portés et introduits par les EAE[15].

Au niveau du Québec méridional, où bon nombre d'EAE sont déjà présentes, les changements climatiques risquent d'amplifier leur potentiel d'établissement tout en favorisant de nouvelles arrivées à mesure que les températures augmenteront[16]. Par contre, la dynamique est légèrement différente pour l'Arctique où relativement peu d'EAE sont présentes actuellement. En effet, la hausse prévue des températures associées aux changements climatiques causera un allongement de la saison de la navigation commerciale et une augmentation du nombre de voyages. La création de nouvelles routes arctiques qui passeront par le nord de la province est envisageable. Ainsi, un accroissement des risques de transport des propagules d'EAE dans de nouveaux environnements nordiques est probable par l'augmentation des activités qui sont

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur l'aquaculture commerciale* (RLRQ, c. A-20.2)
  - *Règlement sur l'aquaculture commerciale* (RLRQ, c. A-20.2, r. 1)
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur l'aquaculture et la vente des poissons* (RLRQ, c. C-61.1, r. 7)
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de campagnes d'échantillonnage ponctuelles
- Financement de la réalisation des Plans de gestion intégrée régionale
- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)

AUTRES

- Campagnes d'éradication d'espèces exotiques envahissantes
- Campagne de sensibilisation
- Imposition de mesures d'exploitation restrictives et de quotas
- Rapports et publications de sensibilisation
- Recherche gouvernementale
- Réseaux de suivi

une conséquence directe des changements climatiques. Par exemple, une projection pour huit espèces présentant un risque élevé d'établissement dans l'Arctique canadien en fonction des voies de dispersion et des régions donneuses, des caractéristiques biologiques et des antécédents d'invasion montre qu'une portion de la zone (incluant le Nord québécois) devrait convenir à l'ensemble de ces huit espèces, avec une proportion d'occupation du territoire variable, d'ici 2050[17].

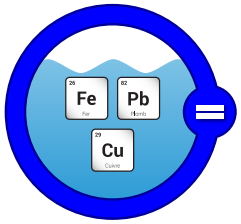
En somme, les changements climatiques influenceront assurément les modèles de dispersion des EAE et leur potentiel d'établissement et de survie. Par contre, de nombreuses incertitudes subsistent pour prédire l'ampleur des conséquences réelles.

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Les espèces envahissantes au Québec, https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/especes/envahissantes/
- Les espèces animales aquatiques envahissantes du fleuve Saint-Laurent: bilan de la situation en eau douce, http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/fiches_indicateurs/Francais/2018_Especes_aquatiques_envahissantes_fleuve_Saint-Laurent_bilan_situation_eau_douce.pdf

RÉFÉRENCES

1. **MOYLE, PETER B.** (1986). « Fish Introductions into North America: Patterns and Ecological Impact », dans H.A. Mooney et J.A. Drake, *Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii*, Springer, New York, p. 27-43.
2. **PAGNUCCO, KATIE S., GEORGE A. MAYNARD, SHANNON A., FERA, NORMAN D. YAN, THOMAS F. NALEPA ET ANTHONY RICCIARDI** (2015). « The future of species invasions in the Great Lakes-St. Lawrence River basin », *Journal of Great Lakes Research*, vol. 41, sup. 1, p. 96-107.
3. **SIMARD, ANOUK, ANNIE PAQUET, CHARLES JUTRAS, YVESROBITAILLE, PIERRE U. BLIER, RHÉAUME COURTOIS ET ANDRÉ MARTEL** (2012). « North American range extension of the invasive Asian clam in a St. Lawrence River power station thermal plume », *Aquatic Invasions*, vol. 7, nº 1, p. 81-89.
4. **MCMAHON, ROBERT F.** (1999). « Invasive characteristics of the freshwater bivalve *Corbicula fluminea* », dans Renata Claudi et Joseph H. Leach, *Nonindigenous freshwater organisms: Vectors, biology, and impacts*. New York, CRC Press LLC, p. 315-342.
5. **RICCIARDI, ANTHONY** (2006). « Patterns of invasion in the Laurentian Great Lakes in relation to changes in vector activity », *Diversity and Distributions*, vol. 12, nº 4, p. 425-433.
6. **HOLECK, KRISTEN T., EDWARD L. MILLS, HUGH J. MACISAAC, MARGARET R. DOCHODA, ROBERT I. COLAUTTI ET ANTHONY RICCIARDI** (2004). « Bridging Troubled Waters: Biological Invasions, Transoceanic Shipping, and the Laurentian Great Lakes », *BioScience*, vol. 54, nº 10, p. 919-929.
7. **KERR, STEVEN J., CHRISTOPHER S. BROUSSEAU ET MARK MUSCHETT** (2005). « Invasive Aquatic Species in Ontario: A review and analysis of potential pathways for introduction », *Fisheries*, vol. 30, nº 7, p. 21-30.
8. **ANDERSON, LUCY G., PIRAN C. L. WHITE, PAUL D. STEBBING, GRANT D., STENTIFORD ET ALISON M. DUNN** (2014). « Biosecurity and Vector Behaviour: Evaluating the Potential Threat Posed by Anglers and Canoeists as Pathways for the Spread of Invasive Non-Native Species and Pathogens », *PLOS ONE*, vol. 9, nº 4, p. 1-10.
9. **RAHEL, FRANK J.** (2007). « Biogeographic barriers, connectivity and homogenization of freshwater faunas: it's a small world after all ». *Freshwater Biology*, vol. 52 nº 4, p. 696-710.
10. **GERTZEN, ERIN, ORIANA FAMILIAR ET BRIAN LEUNG** (2008). « Quantifying invasion pathways: fish introductions from the aquarium trade ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 65 nº 7, p. 1265-1273.
11. **LOVELL, SABRINA J., SUSAN F. STONE ET LINDA FERNANDEZ** (2006). « The economic impacts of aquatic invasive species: A review of the literature », *Agricultural and Resource Economics Review*, vol. 35, nº 1, p. 195-208.
12. **PIMENTEL, DAVID, RODOLFO ZUNIGA ET DOUG MORRISO** (2005). « Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States », *Ecological Economics*, vol. 52, nº 3, p. 273-288.
13. **STRAYER, DAVID L., VALERIE T. EVINER, JONATHAN M. JESCHKE ET MICHAEL L. PACE** (2006). « Understanding the long-term effects of species invasions », *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 21, nº 11, p. 645-651.
14. **HELLMANN, JESSICA J., JAMES E. BYERS, BRITTA G. BIERWAGEN ET JEFFREY S. DUKES** (2008). « Five potential consequences of climate change for invasive species », *Conservation Biology*, vol. 22, nº 3, p. 534-543.
15. **RAHEL, FRANK J., ET JULIAN D. OLDEN** (2008). « Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species », *Conservation Biology*, vol. 22, nº 3, p. 521-533.
16. **DELLA VENEZIA, LIDIA, JASON SAMSON ET BRIAN LEUNG** (2018). « The rich get richer: Invasion risk across North America from the aquarium pathway under climate change », *Diversity and Distributions*, vol. 24, nº 3, p. 285-296.
17. **GOLDSMIT, JESICA, PHILIPPE ARCHAMBAULT, GUILLEM CHUST, ERNESTO VILLARINO, GEORGE LIU, JENNIFER V. LUKOVICH, DAVID G. BARBER ET KIMBERLY L. HOWLAND** (2018). « Projecting present and future habitat suitability of ship-mediated aquatic invasive species in the Canadian Arctic », *Biological Invasions*, vol. 20, nº 2, p. 510-517.



Métaux en cours d'eau

ÉTAT

État: Bon
Tendance: Maintien

Les concentrations de la forme dissoute des 21 métaux analysés entre 2015 et 2017 ne sont pas préoccupantes aux neuf stations suivies annuellement (figure 1). Ces dernières sont faibles et respectent les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique (effet chronique) (tableau 1). L'état de cet indicateur est donc considéré comme bon.

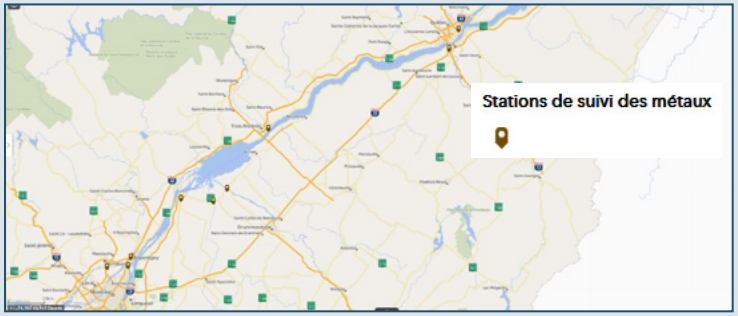
Cet état est similaire à celui qui est indiqué dans le rapport sur l'eau publié en 2014[10], où seulement deux dépassements avaient été observés pour le fer, à l'embouchure des rivières Gentilly et Champlain, sur un total de quarante-deux stations suivies en rivière entre 2008 et 2011. Il correspond également au constat effectué pour les neuf stations étudiées dans le présent rapport pour la plage 2010-2012, où aucun paramètre ne dépasse les critères recommandés en fonction des caractéristiques du milieu, telles que le pH, la dureté ou le carbone organique dissous[12].

DESCRIPTION

Les métaux traces (extractibles et dissous) sont suivis annuellement depuis 2008-2010 à neuf stations. Sept sont situées à l'embouchure de tributaires du fleuve Saint-Laurent, alors que les deux autres sont dans les rivières des Mille Îles et des Prairies, respectivement. Les échantillons sont prélevés une fois par mois de mai à octobre, totalisant six échantillons par année. Vingt et un métaux sont analysés en parallèle avec les ions majeurs et d'autres paramètres complémentaires – par exemple le pH, le carbone organique dissous (COD) et la dureté calculée.

La forme dissoute des métaux est celle qui est utilisée dans le présent rapport et comparée aux critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique (effet chronique) établis pour les métaux dissous[12]. Il s'agit de la forme la plus représentative de la fraction biodisponible du métal, c'est-à-dire celle qui peut être assimilée par un organisme vivant et lui être éventuellement toxique[3].

Figure 1 Localisation des stations de suivi de métaux traces



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Localisation des neuf stations suivies annuellement pour les concentrations de métaux traces par le MELCC.

Rédigée par: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

PRESSIONS

Plusieurs forces peuvent conduire à augmenter la présence des métaux dans les cours d'eau, comme les activités industrielles et minières, les eaux usées et pluviales des secteurs urbains ou encore les activités agricoles[7,9,13,14,15]. Pour les bassins versants étudiés, où la présence de mines est faible, les activités agricoles et urbaines constituent les principales sources susceptibles d'influencer les concentrations de métaux dissous mesurées, bien qu'elles demeurent sous les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique (effet chronique).

Dans son rapport publié en 2017, Hébert[2] indique que l'augmentation des superficies en culture conduit à la mise à nu des sols, ce qui engendre une érosion éolienne et un ruissellement de surface plus grands. Cela a pour effet d'augmenter les apports de métaux vers les cours d'eau dans les milieux agricoles. En particulier, les concentrations médianes en cuivre extractible étaient expliquées à 58 % par le pourcentage du bassin versant occupé par les cultures. Cette valeur se chiffrait à 63 % pour le nickel extractible.

Dans le même rapport, la densité du réseau routier pavé était également associée à la présence de plusieurs métaux dans les cours d'eau : le cuivre, le nickel, le plomb et le zinc extractibles. Plus précisément, la densité du réseau routier est liée à la présence humaine sur le territoire, de même qu'à la présence d'activités pouvant générer des métaux (densité de résidences et petites entreprises industrielles). À titre d'exemple, le plomb était expliqué à 46 % par la densité du réseau routier. Le transport routier constituait l'une des sources possibles, mais également la présence de tuyauterie en plomb qui relie les résidences aux réseaux d'approvisionnement en eau potable.

Malgré ces relations, l'influence des activités humaines sur la concentration de la plupart des métaux à l'embouchure des cours d'eau du sud-ouest du Québec s'avère modeste par rapport aux facteurs géologiques et pédologiques. Duchemin et Hébert[3] avaient en effet relevé que la présence de métaux sur ce territoire résultait en grande partie de la vulnérabilité des bassins versants aux processus d'altération de la roche mère et d'érosion des sols. Ainsi, ce sont les processus anthropiques amplifiant l'érosion et l'altération du socle rocheux qui seraient davantage à surveiller pour le Québec méridional. Ce constat est cohérent avec une autre étude canadienne suggérant que l'érosion et l'altération des sols terrestres constituaient les principales sources de métaux dans deux rivières du sud de l'Ontario[16].

Tableau 1 Statistiques descriptives pour la forme dissoute des métaux suivis entre 2015 et 2017

Métal	Nombre	Minimum	Médiane	Maximum	CVAC[1]
Aluminium[2]	153	4,4	40	150	12 – 1 700
Antimoine	28	0,02	0,063	0,11	240
Argent	152	0,001	0,001	0,015	0,1
Arsenic	153	0,08	0,42	1	150
Baryum[3]	153	6,4	14	81	38 – 1 086
Béryllium[3]	153	0,004	0,004	0,013	0,14 – 28,1
Bore	153	1,4	9,2	41,2	5 000
Cadmium[3]	153	0,003	0,007	0,022	0,05 – 0,51
Chrome[4]	153	0,05	0,19	0,68	10,6
Cobalt	153	0,023	0,077	0,326	100
Cuivre[3]	150	0,15	1,12	4,4	1,3 – 19,4
Fer	153	6,9	120	650	1 300
Manganèse[3]	153	1,4	11	130	255 – 4 087
Molybdène	152	0,037	0,39	1,6	3 200
Nickel[3]	153	0,22	0,58	3	7,4 – 107
Plomb[3]	153	0,02	0,08	0,19	0,17 – 9,4
Sélénium	153	0,1	0,1	0,2	4,6
Strontium	153	11	110	570	21 000
Uranium[5]	153	0,009	0,13	1,5	14 – 100
Vanadium	153	0,12	0,42	2,3	12
Zinc[3]	153	0,15	0,9	12	17 – 247

Statistiques descriptives exprimées en µg/l et présentées pour la forme dissoute des métaux suivis entre 2015 et 2017. Les statistiques portent sur les neuf stations suivies.

1 Critères pour la protection de la vie aquatique (effet chronique), selon MELCC 2019[12].

2 Pour l'aluminium, les critères présentés dépendent de la dureté de l'eau, de son pH et de la concentration en carbone organique dissous (COD). La plage des valeurs présentées correspond aux critères calculés pour une dureté minimale de 10 mg/l et maximale de 250 mg/l, un pH minimal de 6 et maximal de 8,2, ainsi qu'une concentration de COD minimale de 0,1 mg/l et maximale de 12 mg/l[31].

3 Pour ces métaux, la valeur des critères dépend de la dureté de l'eau. La plage des valeurs présentées correspond aux critères calculés pour une dureté minimale de 10 mg/l et maximale de 235 mg/l.

4 Le critère associé au chrome hexavalent (CrVI) a été utilisé.

5 Pour l'uranium, les critères présentés correspondent à des duretés de 20 mg/l et 210 mg/l.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les effets pressentis des changements climatiques au Québec comprennent une modification dans le couvert nival et les précipitations, ainsi qu'une hausse des températures de l'air[1,19]. Ces effets pourraient affecter à leur tour le régime hydrique en générant notamment des crues printanières plus hâtives et des étiages estivaux plus prononcés[20].

Des étiages plus prononcés se traduiraient par une plus faible dilution des contaminants provenant de rejets urbains et industriels, faisant en sorte que les concentrations de métaux pourraient augmenter à proximité de ces derniers[1,17]. En revanche, la diminution du courant liée aux étiages pourrait favoriser une réduction des concentrations en métaux associés aux particules en suspension, ces dernières se déposant davantage au fond des cours d'eau[18].

Une hausse dans l'intensité et le nombre d'épisodes extrêmes de pluie[1,21,22] conduirait à des débordements plus fréquents d'eaux usées domestiques et industrielles susceptibles d'entraîner avec elles divers contaminants vers les milieux aquatiques[6,13]. Elle pourrait aussi favoriser un plus grand ruissellement de surface qui entraînerait des particules de sol (et les métaux associés) vers les cours d'eau[18,27,29]. De plus, cette hausse d'intensité et la présence de fortes crues pourraient accroître l'érosion des rives et du lit des cours d'eau, engendrant une remobilisation des métaux confinés dans les sédiments[16,17,26,27].

Les changements climatiques pourraient également affecter les concentrations de métaux dans les cours d'eau en modifiant les conditions physicochimiques existantes. Par exemple, une hausse de la température de l'air élèverait la température des milieux aquatiques. Une température plus élevée de l'eau pourrait favoriser des processus comme la dissolution, la solubilisation ou la complexation, lesquels pourraient conduire à une augmentation des substances dissoutes dans l'eau[18], ce qui pourrait inclure la fraction dissoute de certains métaux[32].

Des corrélations positives ont aussi été établies entre les concentrations de carbone organique dissous (COD), les précipitations, les épisodes de crues et les températures[17,18,30]. De plus, il a été observé qu'un accroissement dans les concentrations de COD pouvait conduire à une plus grande mobilisation des métaux dans les cours d'eau[18]. Un climat plus chaud et humide aurait donc le potentiel d'augmenter les concentrations de COD dans les

FORCES

- Urbanisation[9,13,15]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[2,7,8,9,13]
- Infrastructures de transport[2,14,15]
- Activités industrielles[2,7]
- Activités forestières
- Activités agricoles[2,3,8,9]
- Circulation atmosphérique[7,9]
- Activités d'extraction (mines, carrières, sablières)[3,9]
- Érosion des sols[3,16]
- Lieux d'enfouissement

IMPACTS

- Problèmes de santé à la suite de la consommation de faune ou flore aquatique[4,9]
- Contamination de l'eau potable utilisée et problèmes de santé en découlant[9]
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[4]
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques[4,9]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[6,17,18,19,21,22,25,26,27]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[1,6,17,18,20,23,24,25,26,27]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[17,18,19,21,28]
- Incendies de forêt plus importants (ex.: durée de saison, superficie et nombre de grands incendies)

eaux de surface[17,30] et mener à une hausse des concentrations de métaux mesurées[18]. Toutefois, cela contraste avec d'autres études suggérant qu'une hausse du COD pourrait diminuer la biodisponibilité de certains métaux[32].

Il pourrait en être de même pour d'autres phénomènes tels que l'acidification. Whitehead et ses collaborateurs (2009a)[17] suggèrent que des précipitations plus intenses et une fonte plus rapide du couvert nival favoriseraient des pics d'acidité susceptibles de déloger et de transporter des métaux, alors que les sécheresses prolongées exacerberaient l'acidification des milieux aquatiques en créant des conditions qui lui sont favorables. Cependant, Delpla et ses collègues (2009)[18] rapportent des augmentations de pH en cours d'eau à la suite de sécheresses, de précipitations plus intenses et de hausses dans la température de l'eau.

En outre, l'effet des changements climatiques sur des paramètres comme le COD et le pH demeure incertain. Il pourrait toutefois moduler la toxicité des métaux, qui est grandement influencée par de tels paramètres[32].

Au Québec, des crues printanières exceptionnelles ont déjà été enregistrées en 2017 et 2019[23,24,25]. Une tendance au réchauffement des températures a également été observée, l'année 2019 étant la 22e année consécutive avec une température moyenne au-delà de la normale du XXe siècle[28]. Si ces tendances se maintiennent, elles pourraient influencer les concentrations futures de métaux mesurées dans les cours d'eau québécois, de même que leur toxicité.

RÉPONSES

AUTRES

- Conseils et avis pour la consommation de l'eau potable ou d'autres aliments[5]
- Rapports et publications destinés à la sensibilisation[3]
- Réseaux de suivi[4]

POUR EN SAVOIR PLUS...

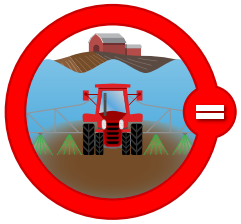
- *Atlas de l'eau*
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas

RÉFÉRENCES

1. **ROUSSEAU, ALAIN, ALAIN MAILHOT, MICHEL SLIVITZKY, JEAN-PIERRE VILLENEUVE, MANUEL J. RODRIGUEZ ET ALAIN BOURQUE** (2004). « Usages et approvisionnement en eau dans le sud du Québec », *Canadian Water Resources Journal*, vol. 29, nº 2, p. 121-134.
2. **HÉBERT, SERGE** (2017). *Territoire et qualité de l'eau: développement de modèles prédictifs pour les métaux*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement et Direction de l'expertise en biodiversité, ISBN 978-2-550-79625-1, 19 p. et 5 annexes, [En ligne], http://environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/Qualite-Territoire-Metaux.pdf.
3. **DUCHEMIN, MARC, ET SERGE HÉBERT** (2014). *Les métaux dans les rivières du sud-ouest du Québec (2008 2011)*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-71296, 24 p. et 17 annexes, [En ligne], http://environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/metaux-rivieres.pdf.
4. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « Suivi des substances toxiques - rivières et lacs », dans le site du ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/suivi_mil-aqua/toxique_eaux-surface.htm (page consultée le 2019-08-23).
5. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « Suivi de la contamination toxique de la chair de poisson », dans le site du ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/suivi_mil-aqua/toxique_poisson.htm (page consultée le 2019-08-23).
6. **FORTIER, CLAUDINE** (2013). *Impact des changements climatiques sur les débordements des réseaux d'égouts unitaires*, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique – Centre eau terre environnement. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de maîtrise en sciences de l'eau, 125 p. et 6 annexes.
7. **GOBEIL, CHARLES, BERNARD RONDEAU ET LUC BEAUDIN** (2005). « Contribution of Municipal Effluents to Metal fluxes in the St. Lawrence River », *Environmental Science & Technology*, vol. 39, p. 456-464.
8. **SHAH, VIKASKUMAR G., R. HUGH DUNSTAN, PHILLIP M. GEARY, PETER COOMBES, TIMOTHY K. ROBERTS ET TONY ROTHKIRCH** (2007). « Comparisons of water quality parameters from diverse catchments during dry periods and following rain events », *Water Research*, vol. 41, p. 3655-3666.
9. **FÖRSTNER, U., ET G.T.W. WITTMANN** (1981). *Metal Pollution in the Aquatic Environment*, 2e édition, Berlin, Springer-Verlag, ISBN 0-387-10724-X, 486 p.
10. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « Quelle est la situation et quelles sont les causes », dans le site du Rapport sur l'état de l'eau et des écosystèmes aquatiques au Québec, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/rapportsurleau/Etat-eau-ecosysteme-aquatique-milieuHumides-situationCauses.htm (page consultée le 2019-09-13).
11. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (2019). « Qualité de l'eau des cours d'eau canadiens », dans le site du Gouvernement du Canada, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/qualite-eau-cours-eau-canadiens.html (page consultée le 2019-09-13).
12. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « Critères de qualité de l'eau de surface », dans le site du ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp (page consultée le 2019-10-01).
13. **WALSH, CHRISTOPHER, ALLISON H. ROY, JACK W. FEMINELLA, PETER D. COTTINGHAM, PETER M. GROFFMAN ET RAYMOND P. MORGAN** (2005). « The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure », *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 24, nº 3, p. 706-723.
14. **HALLBERG, MAGNUS, GUNNO RENMAN ET TORBJÖRN LUNDBOM** (2006). « Seasonal variations of ten metals in highway runoff and their partition between dissolved and particulate matter », *Water, Air and Soil Pollution*, vol. 181, p. 183-191.
15. **LEE, HAEJIN, XAVIER SWAMIKANNU, DAN RADULESCU, SEUNG-JAI KIM ET MICHAEL K. STENSTROM** (2007). « Design of stormwater monitoring programs », *Water Research*, vol. 41, p. 4186-4196.
16. **MAYER, T., ET E. DELOS REYES** (1996). « Phosphorus and metal contaminant transport in two southern Ontario rivers: the Grand river and its tributary, the Nith river », *Water quality research journal of Canada*, vol. 31, nº 1, p. 119-152.
17. **WHITEHEAD, P.G., R.L. WILBY, R.W. BATTARBEE, M. KERNAN ET A.J. WADE** (2009a). « A review of the potential impacts of climate change on surface water quality », *Hydrological Sciences Journal*, vol. 54, nº 1, p. 101-123.

RÉFÉRENCES (SUITE)

18. **DELPLA, I., A.-V. JUNG, E. BAURES, M. CLEMENT ET O. THOMAS** (2009). « Impacts of climate change on surface water in relation to drinking water production », *Environment International*, vol. 35, p. 1225-1233.
19. **OURANOS** (2015). *Sommaire de la synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, édition 2015, Montréal (Québec), Ouranos, 13 p., [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseSommaire.pdf.
20. **CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC** (CEHQ) (2015). *Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050*, Gouvernement du Québec, Québec, ISBN: 978-2-550-72996-9, 81 p.
21. **EASTERLING, D.R., J.L. EVANS, P. YA GROISMAN, T.R. KARL, K.E. KUNKEL ET P. AMBENJE** (2000). « Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 81, p. 417-425.
22. **WESTRA, S., H.J. FOWLER, J.P. EVANS, L.V. ALEXANDER, P. BERG, F. JOHNSON, E.J. KENDON, G. LENDERINK ET N.M. ROBERTS** (2014). « Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall », *Review of Geophysics*, vol. 52, p. 522-555.
23. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2017). « Faits saillants. Crue printanière de 2017: le plus fort apport en eau potentiel depuis 1974 », dans le site du ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2017/crue-printaniere.htm (page consultée le 18 juillet 2019).
24. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « Faits saillants. Avril 2019: un apport en eau record à ce stade de la crue printanière et une fonte record toujours en cours » dans le site du ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2019/avril.htm.
25. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « Faits saillants. Mai 2019: un apport en eau de fonte et de pluie de 423 mm, à 2 mm du record de 1974 au sud du Québec », dans le site du ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2019/mai.htm.
26. **WHITEHEAD, P.G., A.J. WADE ET D. BUTTERFIELD** (2009b). « Potential impacts of climate change on water quality and ecology in six UK rivers », *Hydrology Research*, vol. 40, nos 2-3, p. 113-122.
27. **MARSHALL, ERIC, ET TIMOTHY RANDHIR** (2008). « Effect of climate change on watershed system: a regional analysis », *Climatic Change*, vol. 89, p. 263-280.
28. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2020). « Décembre 2019: le temps des Fêtes réchauffe la 22e année consécutive au-delà de la température normale du 20e siècle », dans le site du ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2019/decembre.htm (page consultée le 28 avril 2020).
29. **GEORGAKAKOS, A., P. FLEMING, M. DETTINGER, C. PETERS-LIDARD, TERESE (T.C.) RICHMOND, K. RECKHOW, K. WHITE ET D. YATES** (2014). Water Resources, p. 69-112 (chapitre 3), dans J. M. Melillo, Terese (T.C.) Richmond et G. W. Yohe (ed.), *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*, U.S. Global Change Research Program, doi:10.7930/ J0G44N6T.
30. **GROFFMAN, P. M., P. KAREIVA, S. CARTER, N. B. GRIMM, J. LAWLER, M. MACK, V. MATZEK ET H. TALLIS** (2014). Ecosystems, Biodiversity, and Ecosystem Services, p. 195-219 (chapitre 8), dans J. M. Melillo, Terese (T.C.) Richmond et G. W. Yohe (ed.), *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*, U.S. Global Change Research Program, doi:10.7930/ J0G44N6T.
31. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2020). « Annexe 17: Critères de qualité pour la protection de la vie aquatique d'eau douce pour l'aluminium en fonction de la concentration en carbone organique dissous (COD), de la dureté et du pH », dans le site ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/annexe_17.htm (page consultée le 2020-04-23).
32. **OFFICE OF THE SCIENCE ADVISOR** (2007). *Framework for metals risk assessment*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 168 p. et 1 annexe, [En ligne], https://www.epa.gov/sites/production/files/2013-09/documents/metals-risk-assessment-final.pdf.
33. *Atlas de l'eau*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas.



Pesticides dans les cours d'eau en milieu agricole

ÉTAT

État: Mauvais
Tendance: Maintien

Parmi la centaine de pesticides analysés, de 3 à 34 sont détectés dans les rivières échantillonnées depuis 2012 (figure 1). Le nombre de pesticides et la fréquence des détections varient selon le type et la proportion en culture dans le bassin. Les pesticides détectés sont surtout des herbicides et des insecticides et parfois des fongicides. Les zones en cultures maraîchères et en pommes de terre montrent une plus grande incidence des insecticides et des fongicides. Généralement, de mai à août, plusieurs pesticides sont détectés en même temps dans l'eau[1 à 5]. Certains pesticides dépassent les critères de qualité de l'eau établis pour la protection des espèces aquatiques, le principal utilisé étant le critère de vie aquatique chronique (CVAC)[6]. Selon le produit, l'amplitude des dépassements varie entre 2 et plus de 100 fois la valeur du critère.

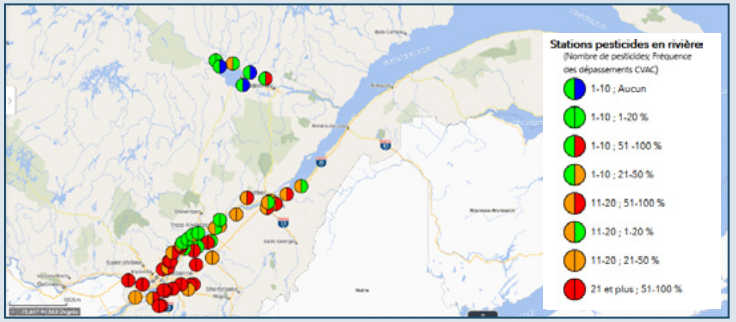
Parmi les 46 rivières échantillonnées de 2012 à 2017, 24 (52 %) montrent des dépassements des CVAC dans plus de 50 % des échantillons, 7 (15 %) les dépassent dans 21 % à 50 % des échantillons, 12 (26 %) dans 1 % à 20 % des échantillons et 3 rivières ne montrent aucun dépassement. Considérant les dépassements fréquents des CVAC de 2012 à 2017, la situation se maintient donc dans un mauvais état.

Maïs et soya – Dans les quatre cours d'eau échantillonnés de 2015 à 2017 dans des secteurs en cultures de maïs et de soya (figure 2), huit herbicides sont détectés dans plus de 50 % des échantillons[1]. Ce sont, dans l'ordre de leur fréquence de détection, le S-métolachlore (99,7 %), le glyphosate (98 %), l'atrazine (96 %), l'imazéthapyr (90 %),

DESCRIPTION

Chaque année, le ministère échantillonne des cours d'eau de régions agricoles du Québec pour y vérifier la présence de pesticides. Au fil des ans, un réseau permanent de suivi des pesticides (réseau de base), composé de dix stations d'échantillonnage en rivière, a été mis en place pour suivre l'évolution des concentrations dans les cours d'eau à proximité de certaines cultures ciblées. Ce sont les rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin dans des secteurs en culture de maïs et de soya, les ruisseaux Gibeault-Delisle et Norton dans une zone maraîchère, les ruisseaux du Point du Jour et Chartier dans des secteurs en culture de pommes de terre et les ruisseaux Rousse et Déversant du Lac qui drainent des cultures mixtes avec des vergers. En plus de ceux du réseau de base, 38 autres cours d'eau ont été échantillonnés de 2012 à 2017 pour documenter de manière plus générale la présence de pesticides dans les régions agricoles du Québec.

Figure 1 Nombre de pesticides détectés aux stations échantillonnées de 2012 à 2017 et fréquence des dépassements des CVAC



Source: Gouvernement du Québec, 2020

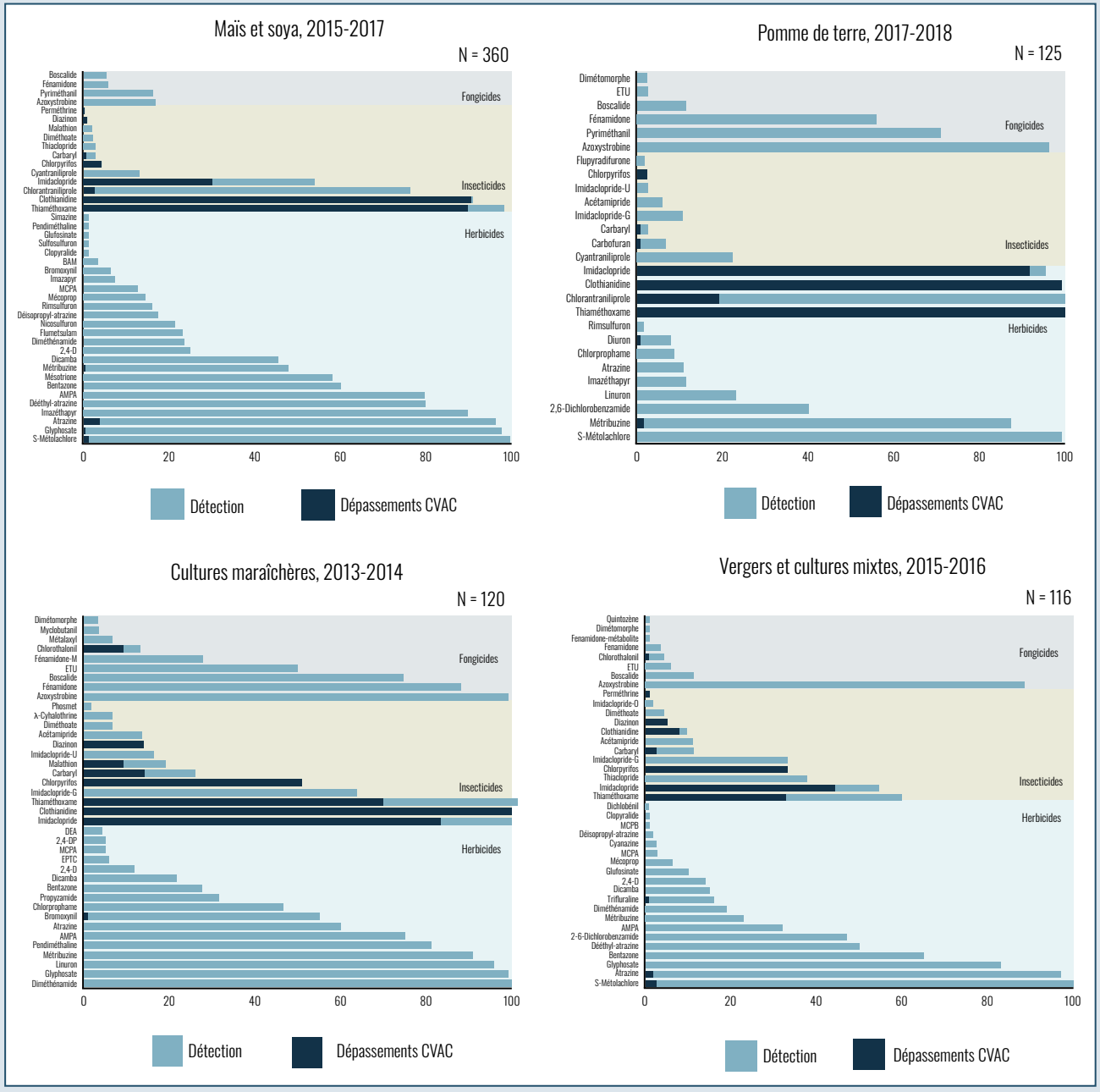
De 3 à 34 pesticides sont détectés dans les cours d'eau échantillonnés depuis 2012.
Parmi les 46 rivières échantillonnées, 24 montrent des dépassements des CVAC dans plus de 50 % des échantillons.

Rédigée par: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

le dééthyl-atrazine (dégradation de l'atrazine) (80 %), l'AMPA (dégradation du glyphosate) (80 %), le bentazone (60 %) et le mésotrione (58 %). Les insecticides néonicotinoïdes thiaméthoxame et clothianidine sont détectés respectivement dans 98 % et 91 % des échantillons, alors que l'imidaclopride est détecté dans 54 % des échantillons. L'insecticide chlorantraniliprole est décelé dans 76 % des échantillons. Treize pesticides dépassent le CVAC, la clothianidine et le thiaméthoxame étant ceux qui le dépassent le plus souvent, soit en moyenne dans 91 % et 90 % des échantillons respectivement.

Cultures maraîchères – Dans les deux cours d'eau de secteurs maraîchers échantillonnés en 2013 et 2014 (ruisseaux Gibeault-Delisle et Norton), jusqu'à 40 pesticides ou produits de dégradation ont été détectés. Tous les échantillons dépassent le CVAC pour au moins un pesticide, mais souvent pour plusieurs pesticides à la fois. Les insecticides imidaclopride, clothianidine, thiaméthoxame et chlorpyrifos dépassent les CVAC dans 50 % à 100 % des échantillons, mais plusieurs autres substances dépassent aussi occasionnellement le CVAC. Ce sont les insecticides diazinon et malathion, les herbicides métribuzine, linuron et diméthénamide ainsi que les fongicides chlorothalonil et azoxystrobine[2].

Figure 2 Pesticides détectés, fréquence de détection et de dépassement des CVAC dans les cours d'eau du réseau de base (%)



Plusieurs pesticides ont été détectés dans les dix rivières du réseau de base. Quelques pesticides, en particulier les insecticides néonicotinoïdes, sont détectés dans des concentrations qui dépassent les critères de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques (CVAC). Les fréquences de détection et de dépassement indiquées sont les moyennes des rivières du réseau de base pour les années à l'étude.

Pomme de terre – Dans les deux cours d'eau près de cultures de pommes de terre échantillonnées en 2017 et 2018 (ruisseaux du Point du Jour et Chartier), les pesticides détectés le plus souvent sont les herbicides S-métolachlore et métribuzine, les insecticides thiaméthoxame, clothianidine, imidaclopride et chlorantraniliprole de même que les fongicides azoxystrobine, pyriméthanil et fénamidone. Les CVAC sont dépassés dans 82% à 100% des échantillons pour les néonicotinoïdes. Le chlorantraniliprole dépasse le CVAC dans 38% des échantillons du ruisseau Chartier, mais ne le dépasse pas dans le ruisseau du Point du Jour [3].

Vergers et cultures mixtes – Dans les ruisseaux Déversant du Lac et Rousse, échantillonnés en 2015 et 2016, la contribution des vergers à la présence de pesticides dans l'eau est plus difficile à établir, car ces bassins comptent une forte proportion d'autres cultures, soit du maïs et du soya pour le ruisseau Déversant du Lac et des légumes pour le ruisseau Rousse. Cependant, parmi les nombreux pesticides détectés, les insecticides thiaclopride, carbaryl et acétamipride sont davantage associés aux vergers[2].

Tendances. Depuis le début de l'échantillonnage pour les pesticides en 1992, des changements sont perceptibles concernant la présence de pesticides dans les rivières du réseau de base. Avec l'usage accru des insecticides néonicotinoïdes dans les cultures de maïs et de soya, la fréquence des dépassements des critères de qualité de l'eau (CVAC) a augmenté. Par ailleurs, les concentrations de certains pesticides sont à la hausse, d'autres sont à la baisse.

Dans les secteurs en maïs et soya, les résultats de 2015 à 2017 montrent une tendance significative à la hausse des concentrations de l'herbicide glyphosate, de son produit de dégradation, l'AMPA, de l'herbicide imazéthapyr et de l'insecticide clothianidine par rapport aux années antérieures. Les concentrations sont toutefois à la baisse dans le cas de l'atrazine, du dicamba et du 2,4D.

Pour les secteurs maraîchers, la situation générale ne s'est pas vraiment améliorée, à l'exception des concentrations de l'insecticide chlorpyrifos qui ont diminué de manière significative dans le ruisseau Gibeault-Delisle entre 2006-2007 et 2013-2014. Le produit est détecté moins souvent et le CVAC est dépassé moins souvent.

Pour les cours d'eau des secteurs en culture de pommes de terre, la comparaison des résultats des campagnes d'échantillonnage 2010 et 2012 avec ceux de 2017 et 2018 montre que les concentrations de clothianidine sont à la hausse dans les cours d'eau échantillonnés, mais que les tendances ne sont pas homogènes pour les autres pesticides détectés. De plus, conséquence de leur récente apparition sur le marché, l'insecticide chlorantraniliprole et le fongicide pyriméthanil sont maintenant détectés dans les cours d'eau alors qu'ils étaient absents lors de la campagne d'échantillonnage précédente.

Dans les deux cours d'eau des secteurs mixtes avec des vergers, on note une augmentation des concentrations de l'herbicide S-métolachlore et du fongicide azoxystrobine. Ces produits ne sont pas associés aux vergers, mais plutôt aux autres cultures présentes dans leur bassin versant.

PRESSIONS

La plupart des producteurs de cultures destinées à la commercialisation utilisent des pesticides. Le bilan des ventes de pesticides pour l'année 2018 publié par le ministère[7] rapporte des ventes de 3 511 060 kg d'ingrédients actifs, dont 2 436 582 kg (69,4 %) sont utilisés en agriculture, ce qui représente une baisse par rapport à 2017. Les cultures ciblées pour le suivi sont celles qui utilisent le plus intensivement les pesticides, soit en raison des vastes superficies traitées, comme dans le cas des cultures de maïs et de soya, soit en raison du grand nombre de traitements pendant la saison de production, comme dans les cultures maraîchères, la pomme de terre ou les vergers.

Les cultures de maïs et de soya sont omniprésentes dans plusieurs régions du Québec. En 2016, la culture du maïs couvrait 420 000 ha et celle du soya 325 000 ha. À cause des vastes superficies traitées, les herbicides et les insecticides qui y sont utilisés exercent une pression sur les milieux aquatiques voisins. L'utilisation du maïs et du soya génétiquement modifié a entraîné un accroissement généralisé de l'usage de l'herbicide glyphosate par les producteurs. De plus, l'arrivée des semences de maïs et de soya traitées aux insecticides néonicotinoïdes a fait augmenter l'utilisation de ces produits sur le territoire agricole[1].

Dans les grandes cultures, les herbicides sont généralement appliqués en début de saison de production, alors que les cultures sont peu développées et que les champs sont pratiquement dénudés. Les pluies qui surviennent à ce moment peuvent causer du ruissellement de surface susceptible de les entraîner vers les cours d'eau voisins. Les pesticides présents sur les semences sont incorporés au sol au moment du semis. En plus des produits présents dans le sol, des poussières d'enrobage de semences peuvent se déposer par dérive au sol ou dans les cours d'eau voisins des champs. Les résidus à la surface ou dans le sol peuvent être entraînés par l'eau de ruissellement ou par les eaux de drainage vers les cours d'eau[14].

Les cultures maraîchères occupent une superficie d'environ 37 000 ha, celle des pommes de terre, 18 000 ha et les vergers environ 5 400 ha. Bien que les superficies soient plus modestes en comparaison du maïs et du soya, la quantité de pesticides utilisée à l'hectare est élevée et se traduit par une pression importante sur les milieux aquatiques. Les cultures maraîchères produites au Québec sont nombreuses. On en compte plus d'une vingtaine, mais les plus grandes en superficies sont les pois verts, les haricots, les carottes, la laitue, les choux, les oignons, les brocolis, les courges,

FORCES

- Activités agricoles[1,2,4]

IMPACTS

- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables (perchaude et chevalier cuivré)[8]
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques[5,8]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Problèmes anticipés[9]:
  - Introduction de nouveaux ravageurs
  - Extension de la période d'application des pesticides
  - Extension de l'aire de production pour certaines cultures fortes utilisatrices de pesticides

les concombres, les piments et poivrons et les tomates[15]. La Montérégie, en particulier le secteur des « terres noires », représente environ 80 % des superficies en production de légumes de transformation et de légumes frais au Québec. Que ce soit des herbicides, des insecticides ou des fongicides, les pesticides utilisés y sont très variés et les applications sont souvent multiples au cours d'une saison de production.

La culture des pommes de terre a connu plusieurs changements au cours de la dernière décennie. Alors qu'auparavant la pomme de terre était cultivée surtout en rotation avec des céréales, elle est maintenant souvent en rotation avec le maïs, une culture également forte utilisatrice de pesticides[4].

Dans les vergers, les produits utilisés sont surtout des insecticides et des fongicides. De nombreux services spécialisés et des outils ont été mis au point pour aider les pomiculteurs à prévoir le moment des infestations par les insectes et les maladies et à optimiser les traitements phytosanitaires. Néanmoins, en régie traditionnelle, les pesticides utilisés sont variés et les vergers peuvent recevoir de 11 à 15 traitements par année.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques pourront avoir des répercussions sur la contamination de l'eau par les pesticides. En milieu agricole, les scénarios anticipés sont l'apparition de nouveaux ennemis des cultures, un allongement de la saison de croissance des plantes et l'expansion de certaines cultures dans des terres plus au nord[9].

Avec l'augmentation des températures, de nouveaux ennemis des cultures (insectes, mauvaises herbes, maladies) provenant d'autres régions du continent risquent d'apparaître au Québec. De plus, la pression exercée par certains ennemis déjà présents au Québec risque d'augmenter. Par exemple, certains insectes ravageurs arriveront plus tôt en saison, ils connaîtront un développement plus rapide et pourront compléter un plus grand nombre de générations durant la saison estivale[9]. Cette situation risque d'accentuer l'utilisation des pesticides et, par conséquent, la contamination des cours d'eau dans les régions déjà affectées par cette problématique. L'allongement de la saison de croissance pourrait entraîner un allongement de la fenêtre d'application des pesticides et, par conséquent, une période plus étendue de contamination des cours d'eau par les pesticides.

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur les pesticides* (RLRQ, c. P-9.3)
  - *Code de gestion des pesticides* (RLRQ, c. P-9.3, r. 1)[11]
  - *Règlement sur les permis et les certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides* (RLRQ, c. P-9.3, r. 2)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture, 2011-2021[12]
- Stratégie québécoise de l'eau, 2018-2030
- Stratégie québécoise sur les pesticides[10]

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert[13]

AUTRES

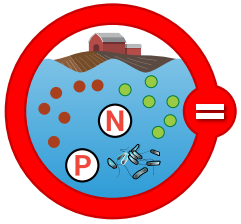
- Rapports et publications de sensibilisation[1,2,3,4,5]

Les nouvelles conditions de croissance des cultures permettraient aussi l'expansion de certaines cultures dans des secteurs plus au nord. Par exemple, les cultures de maïs et de soya pourraient devenir possibles au Saguenay–Lac-Saint-Jean ou dans d'autres régions du Québec où elles sont moins présentes actuellement[9]. Cela pourrait avoir pour effet d'étendre la problématique de contamination des cours d'eau par les pesticides à des régions jusque-là moins touchées.

Les changements climatiques pourraient aussi augmenter l'occurrence de conditions extrêmes. D'une part, une augmentation de la fréquence et de l'intensité des pluies orageuses pourrait augmenter le ruissellement de surface et, par conséquent, le transport des pesticides vers les cours d'eau[9]. D'autre part, des épisodes de sécheresse en été, se traduisant par des étiages sévères des cours d'eau, pourraient dans certains cas occasionner des concentrations plus élevées.

RÉFÉRENCES

1. **GIROUX, I.** (2019). Présence de pesticides dans l'eau au Québec: portrait et tendances dans les zones de maïs et de soya, 2015 à 2017, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 64 p. + 6 ann. ISBN 978-2-550-83220-1, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/mais_soya/portrait2015-2017/rapport-2015-2017.pdf.
2. **GIROUX, I.** (2017). Présence de pesticides dans l'eau de surface au Québec – Zones de vergers et de cultures maraîchères, 2013 à 2016, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'information sur les milieux aquatiques, 47 p + 3 ann. ISBN 978-2-550-78847-8, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/pesticides/verges-maraicheres/pesticides-eau-vergers-maraicher.pdf.
3. **GIROUX, I.** (2020). Présence de pesticides dans l'eau au Québec: Portrait dans des zones en culture de pommes de terre en 2017 et 2018 [En ligne] 2020, Québec, 44 pages et 5 annexes. www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/pomme_terre/rapport-pesticides-eau-pomme-terre-2017-2018.pdf.
4. **GIROUX, I.** (2014). Présence de pesticides dans l'eau au Québec – Zones de vergers et de pommes de terre, 2010 à 2012, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Direction du suivi de l'état de l'environnement, 55 p. + 5 ann. ISBN 978-2-550-71747-8, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/pomme_terre/rapport_vergers.pdf.
5. **GIROUX, I.** (2015). Présence de pesticides dans l'eau au Québec: portrait et tendances dans les zones de maïs et de soya, 2011 à 2014, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 47 p. + 5 ann. ISBN 978-550-73603-5, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/mais_soya/portrait2011-2014/rapport2011-2014.pdf.
6. **MELCC** (2019). Critères de qualité de l'eau de surface, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp.
7. **MELCC** (2020). Bilan des ventes de pesticides au Québec, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/bilan/index.htm.
8. **GIROUX, I.** (2018). *État de situation sur la présence de pesticides au lac Saint-Pierre*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'information sur les milieux aquatiques, ISBN 978-2-550-81692-8, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/lac-st-pierre/etat-presence-pesticides.pdf.
9. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation: synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, Partie 2: *Vulnérabilités, impacts, et adaptation aux changements climatiques*. Édition 2015, Montréal (Québec), 234 p., [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseRapportfinal.pdf.
10. **MELCC** (2019). Stratégie québécoise sur les pesticides 2015-2018, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/strategie2015-2018/index.htm.
11. **CODE DE GESTION DES PESTICIDES,** [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/permis/code-gestion/index.htm.
12. **MAPAQ** (2019). Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021, [En ligne], https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Strategie_phytosanitaire.pdf.
13. **MAPAQ** (2019). Programme Prime-Vert, [En ligne], https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/md/programmesliste/agroenvironnement/Pages/Prime-Vert.aspx.
14. **CHRÉTIEN, F., I. GIROUX, G. THÉRIAULT, P. GAGNON, J. CORRIVEAU** (2017). « Surface runoff and subsurface tile drain losses of neonicotinoids and companion herbicides at edge-of-field », *Environmental Pollution*, vol. 224, p. 255-264.
15. **GIROUX, I., ET J. FORTIN** (2010). *Pesticides dans l'eau de surface d'une zone maraîchère – Ruisseau Gibeault-Delisle dans les « terres noires » du bassin versant de la rivière Châteauguay de 205 à 2007*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement et Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, ISBN 978-2-550-59088-0, 28 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/pesticides/maraichere/pesticides-eau-maraicher.pdf.



Physicochimie et bactériologie des cours d'eau en milieu agricole

ÉTAT

État: Mauvais
Tendance: Maintien

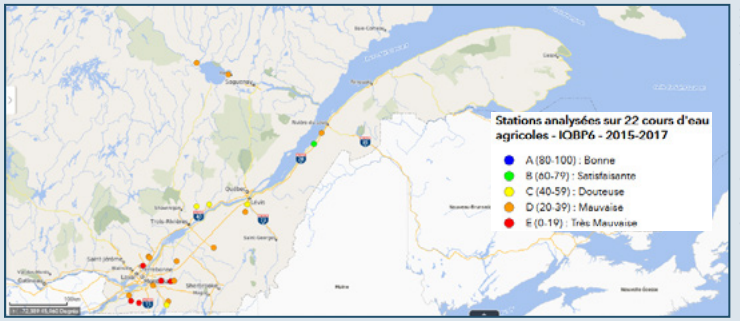
Les 22 cours d'eau sélectionnés sont des sous-bassins versants des tributaires du fleuve Saint-Laurent, sauf les rivières Saint-Louis, Fouquette, Kamouraska et Mascouche, qui se déversent directement au fleuve. Trois de ces 22 cours d'eau transitent par un lac, soit les rivières Ticouapé et Bédard, par le lac Saint-Jean, et la rivière aux Brochets, par la baie Missisquoi du lac Champlain. La superficie drainée aux stations de qualité de l'eau (55 à 1 501 km^2) est faible pour la plupart de ces bassins versants et l'agriculture occupe entre 25 % et 80 % de leur territoire (tableau 1). Des prélèvements d'eau sont effectués mensuellement à leur embouchure, d'avril à novembre ou tous les mois, selon la station. La couverture spatiale (figure 1) et la gamme d'occupation du territoire (tableau 1) des stations sélectionnées sont représentatives des cours d'eau à vocation agricole du sud du Québec.

Selon les résultats d'IQBP$_6$[1] de la période mai-octobre 2015-2017 (figures 1 et 2 et tableau 1), **l'état récent global** des 22 cours d'eau agricoles analysés est **mauvais**. En effet, aucun cours d'eau n'est de classe bonne, un seul (rivière Kamouraska) se trouve dans la classe de qualité satisfaisante et quatre cours d'eau présentent une qualité douteuse. La majorité des tributaires (17 sur 22) sont de classe mauvaise ou très mauvaise. Les paramètres dépassant le plus souvent les critères de qualité de l'eau[2] ou les valeurs repères[3] (tableau 1), toutes stations regroupées, sont le phosphore

DESCRIPTION

La qualité de l'eau de 22 cours d'eau agricoles a été analysée. Leur état récent global est décrit à l'aide de l'indice de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau (IQBP$_6$)[1]. Cet indice est calculé pour la période de mai à octobre de 2015 à 2017, à partir des concentrations en azote ammoniacal, en nitrites et nitrates, en phosphore total, en coliformes fécaux, en matières en suspension et en chlorophylle a totale. L'état récent global est déterminé par le pourcentage de stations dont l'IQBP$_6$ est de bonne qualité ou de qualité satisfaisante. En complément d'information, les pourcentages de dépassement du critère de qualité de l'eau[2] ou de la valeur repère[3], selon le paramètre, ont été calculés. La tendance générale des cinq dernières années est établie en comparant la classe d'état global de la période 2010-2012 avec celle de la période 2015-2017. De plus, les tendances dans les concentrations et les charges annuelles ont été analysées pour la période de 2002 à 2017.

Figure 1 Qualité générale dans 22 cours d'eau en milieu agricole évaluée à l'aide de l'IQBP$_6$



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Emplacement des stations aux embouchures de 22 tributaires agricoles et qualité générale évaluée à l'aide de l'IQBP$_6$ calculé pour la période de mai à octobre 2015-2017.

Rédigée par: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

total (moyenne: 85%), ainsi que l'azote total et la turbidité (moyennes: 68% et 72%), qui ne servent pas au calcul de l'$IQBP_6$.

Dans le cas du phosphore total, la vaste majorité des stations présentent des valeurs qui dépassent fréquemment (83% à 100% des échantillons) le critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Seulement 4 stations (rivières aux Brochets, des Pins, Beaurivage et Kamouraska) présentent un plus faible pourcentage de dépassement (25% à 39% des échantillons).

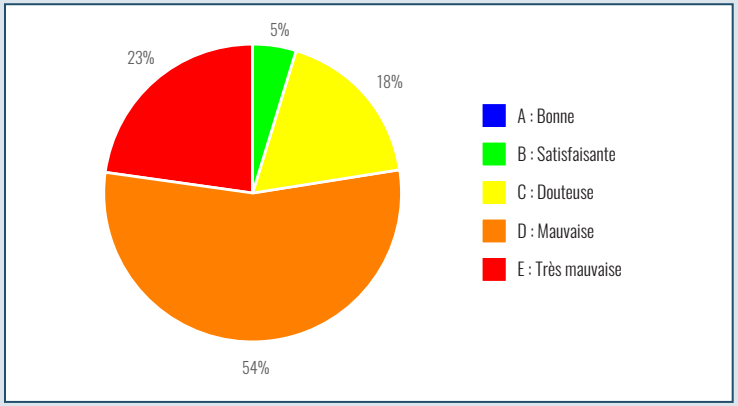
Les valeurs de coliformes fécaux dépassent le critère de qualité pour les activités récréatives de contact direct, comme la baignade, au moins une fois à toutes les stations (17% à 88% des échantillons), et dans plus de la moitié des échantillons pour neuf d'entre elles. Seulement trois stations (rivières Noire, Fouquette et Kamouraska) ne présentent aucun dépassement du critère pour la salubrité des eaux ou pour les activités récréatives de contact indirect, comme la pêche (tableau 1).

Parmi les critères de qualité de l'eau pour l'azote, le critère de toxicité chronique des nitrates pour la protection de la vie aquatique est, en général, le plus souvent dépassé. Les valeurs de nitrites-nitrates (ci-après appelés nitrates, en raison de la faible proportion de nitrites dans les cours d'eau[4]) dépassent ce critère régulièrement (38% à 72% des échantillons) à 5 stations (ruisseau Morpions et rivières des Hurons, L'Acadie, à la Barbue et Chibouet) et occasionnellement (6% à 18% des échantillons) à 10 stations. Dans le cas de l'azote ammoniacal, près de la moitié des stations (10 sur 22) présentent des dépassements généralement peu fréquents du critère pour la protection de l'eau brute d'approvisionnement. Les rivières des Hurons et de l'Achigan se démarquent, considérant que ce critère est dépassé dans environ le tiers (28% à 39%) des échantillons. Le critère de toxicité chronique de l'azote ammoniacal, pour la protection de la vie aquatique, n'est pas dépassé, sauf à la station de la rivière des Hurons, occasionnellement. La valeur repère pour l'azote total, considérée comme étant indicatrice d'une problématique de surfertilisation[3], est dépassée pour plus de la moitié des valeurs à 18 stations.

Les valeurs repères[3] pour la chlorophylle α totale, les matières en suspension et la turbidité sont dépassées fréquemment à la plupart des stations. Pour la turbidité, en particulier, la plupart des stations (17 sur 22) présentent des valeurs qui dépassent souvent (>53% des échantillons) la valeur repère, dont 7 stations qui la dépassent toujours.

Les résultats de l'$IQBP_6$, pour la période 2015-2017, sont disponibles dans l'*Atlas de l'eau* (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas).

Figure 2 Qualité générale de l'eau des tributaires agricoles selon l'$IQBP_6$



Répartition de 22 stations agricoles dans les classes de qualité de l'$IQBP_6$.

Tableau 1 $IQBP_6$ et dépassements des critères de qualité de l'eau ou valeurs repères

Station	Cours d'eau	$IQBP_6$	Critères de qualité et valeurs repères — Dépassements (%)										SUPERFICIE (km^2)	Milieux — Occupation (%)					
			CF (1 000 UFC/100 ml) [1]	CF (200 UFC/100 ml) [2]	CHLOA (8,6 µg/l) [3]	NH3 (0,2 mg N/l) [4]	NH3 (variable) [5]	Nitrates (3 mg N/l) [5]	Azote total (1 mg/l) [3]	Phosphore total (0,03 mg/l) [5]	MES (13 mg/l) [3]	Turbidité (5,2 UTN) [3]		FORESTIER	ANTHROPIQUE	AGRICOLE	AQUATIQUE	HUMIDE	SOLS NUS_LANDES
RIVE SUD																			
03110003	SAINT-LOUIS	26	19	44	31	0	0	18	24	100	94	100	166	15,6	4,8	76,2	0,85	2,6	0
03090046	NORTON	0	12	35	35	6	0	18	82	100	18	53	220	40,8	3,2	55,3	0,29	0,43	0,03
03090002	DES ANGLAIS	15	6	24	24	0	0	0	53	100	6	53	677	46,3	3	48,7	0,59	1,2	0,27
03040071	MORPIONS	30	13	38	19	6	0	38	81	94	19	31	112	25,4	2	71,4	0,17	0,97	0
03040015	AUX BROCHETS	58	19	19	19	0	0	6	56	25	13	19	586	45,3	2,7	50,8	0,83	0,36	0
03040007	DES HURONS	3	39	83	83	39	6	50	100	100	72	94	311	13,7	7,3	78,5	0,34	0,01	0,07
03040116	L'ACADIE	22	13	69	33	6	0	44	72	100	44	78	381	19,4	6,4	73,7	0,28	0,26	0
03030096	À LA BARBUE	12	17	44	39	17	0	72	100	100	41	89	138	15,6	6,5	77,2	0,27	0,41	0
03030003	NOIRE	34	0	28	44	11	0	11	61	94	11	56	1501	47,5	4,8	46	0,68	0,94	0,01
03030038	CHIBOUET	27	17	50	56	6	0	50	83	100	18	56	162	15,9	3	80,3	0,36	0,42	0
03010038	DES PINS	36	11	67	39	0	0	6	83	33	33	44	152	36,7	4,4	58,1	0,5	0,2	0,01
02340051	BRAS D'HENRI	35	28	44	61	6	0	6	100	83	11	44	165	38	0,7	57	0,15	4,1	0
02340034	BEAURIVAGE	59	11	39	17	0	0	0	50	39	6	56	705	55,1	2,7	38,6	0,38	3,2	0
02E90001	FOUQUETTE	39	0	50	22	6	0	17	100	83	6	44	71	28	10,8	59,5	0,01	1,8	0
02260002	KAMOURASKA	65	0	17	33	0	0	0	6	39	6	67	293	58,5	4,2	35,2	0,42	1,4	0,34
RIVE NORD																			
04640003	MASCOUCHE	15	29	88	65	0	0	12	100	100	71	100	404	30,9	20,3	47	0,5	1,3	0
05030114	DES ENVIES	53	6	33	28	0	0	0	11	100	17	100	471	67,4	3	24	4,2	1,4	0
05040143	NIAGARETTE	42	22	72	39	0	0	0	61	100	28	100	55	42,4	2,4	54,8	0,2	0,23	0
05220006	SAINT-ESPRIT	37	11	39	56	0	0	0	56	94	39	100	216	50,3	7,2	40,9	1,1	0,39	0
05220005	DE L'ACHIGAN	36	11	61	44	28	0	6	94	89	61	100	644	59,7	9,3	26,1	3,4	1,5	0,01
06200001	TICOUAPÉ	21	12	24	29	0	0	0	29	100	65	94	618	42,6	1,9	47,2	1,3	6,9	0,11
06120001	BÉDARD	29	25	56	6	0	0	6	88	100	81	100	127	37	4,3	56,9	1,2	0,6	0,05
MOYENNE			14	47	37	6	0	16	68	85	34	72							

Classes de l'$IQBP_6$

Qualité	Code	Valeur
Bonne		≥ 80
Satisfaisante		≥ 60 à < 80
Douteuse		≥ 40 à < 60
Mauvaise		≥ 20 à < 40
Très mauvaise		< 20

Dépassements *

Code	Fréquence (%)
	0
	≥ 1 à < 25
	≥ 25 à < 50
	≥ 50 à < 100
	100

* Les groupements en fonction des dépassements de critères et des valeurs repères sont à titre indicatif

Abréviation des paramètres

- Coliformes fécaux (CF)
- Chlorophylle α totale (CHLOA)
- Azote ammoniacal total (NH_3)
- Matières en suspension (MES)

Calculs issus des données de la Banque de données sur la qualité du milieu (BQMA)

© Gouvernement du Québec (2016)

1: Critère pour activités récréatives de contact indirect comme la pêche sportive et le canotage.

2: Critère pour activités récréatives de contact direct comme la baignade et la planche à voile.

3: Valeur repère

4: Critère pour la protection de l'eau brute d'approvisionnement

5: Critère pour la protection de la vie aquatique (effet chronique)

$IQBP_6$ médian, dépassements des critères de qualité de l'eau ou valeurs repères au cours de la période mai-octobre 2015-2017 et occupation du territoire en 2016 des 22 bassins versants agricoles.

TENDANCE

TENDANCE DE L'ÉTAT GLOBAL DES CINQ DERNIÈRES ANNÉES

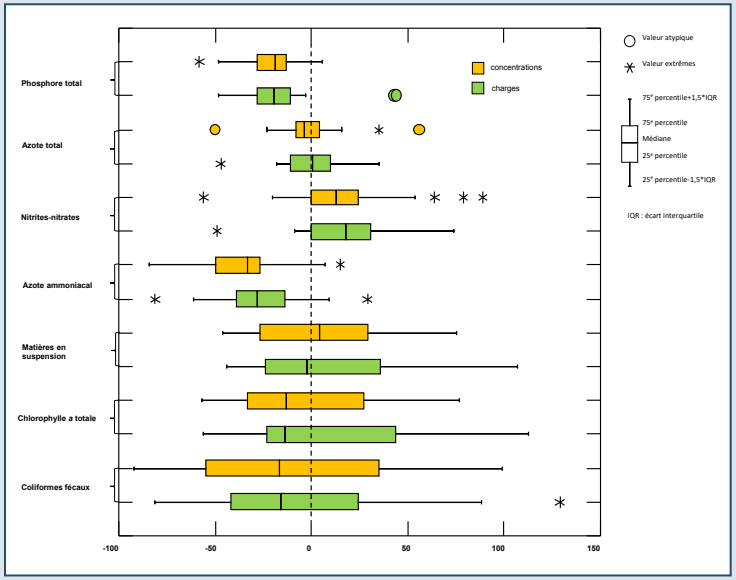
L'**état global** des 22 cours d'eau agricoles, basé sur l'$IQBP_6$, s'est **maintenu** à mauvais en 2015-2017 par rapport à la période de 2010-2012, soit dans les **5 dernières années**. En effet, entre 2010 et 2012, la proportion de rivières de qualité bonne ou satisfaisante était de 9%, soit légèrement supérieure à la période récente de 2015-2017 qui est de 5%. Entre 2010 et 2012, 23% des rivières avaient une qualité douteuse et 68% avaient une mauvaise ou très mauvaise qualité de l'eau.

ÉVOLUTION TEMPORELLE DE CHAQUE PARAMÈTRE ENTRE 2002 ET 2017

En plus de mesurer la qualité de l'eau récente des cours d'eau (période 2015-2017), le Réseau-rivières vise à détecter et expliquer les tendances à long terme et les modèles de variation observés dans le temps. Ainsi, il devient possible de suivre l'effet de l'évolution des pressions sur certains cours d'eau et d'évaluer l'efficacité des mesures et des programmes d'assainissement mis en œuvre au cours des 40 dernières années. La tendance dans les concentrations renseigne sur l'**évolution de la qualité ambiante** d'un cours d'eau, alors que la tendance dans les charges renseigne sur l'**évolution des pressions exercées par celui-ci sur le milieu récepteur**, soit les grands tributaires, les lacs ou le fleuve Saint-Laurent. Dans le secteur agricole, l'évolution de la qualité de l'eau au cours des 15 dernières années présente un intérêt en raison de la mise en vigueur du Règlement sur les exploitations agricoles en 2002. Les tendances et les variations des concentrations et des charges de sept des huit paramètres définis précédemment sont estimées, entre 2002 et 2017, à l'embouchure des mêmes 22 cours d'eau agricoles (tableaux 2 et 3 et figures 3 et 4). Onze de ces tributaires n'ont pas de rejet d'effluent de station d'épuration des eaux usées municipales ou de mise en service d'une telle station de 2002 à 2017 (tableau 4). Dans les 11 autres tributaires, au moins une station d'épuration des eaux usées municipales a été mise en service au cours de cette période.

La variation des concentrations et des charges a été quantifiée pour la période 2002-2017 (tableaux 2, 3 et 4 et figure 3). La distribution des concentrations et des charges annuelles estimées est présentée pour les années 2002 et 2017 afin d'illustrer leur progression (figure 4). Finalement, le sens des tendances, leur variation moyenne annuelle et leur vraisemblance sont présentés pour chacune des 22 stations (tableau 4). Un exemple d'évolution des concentrations et des charges est également présenté pour le phosphore total, l'azote total et les coliformes fécaux, à trois stations (figures 5, 6 et 7).

Figure 3 Distribution de la variation (%) des concentrations et des charges



Distribution de la variation moyenne annuelle (%) dans les concentrations et les charges de sept paramètres physicochimiques et bactériologiques, pour la période de 2002-2017, à l'embouchure de 22 cours d'eau agricoles du Québec méridional.

Au cours de la période de 2002 à 2017, la majorité des 22 stations en milieu agricole montrent une tendance significative à la baisse des concentrations d'azote ammoniacal et une stabilité des charges. Pour les autres paramètres, les concentrations et les charges ne présentent pas de tendance significative à la plupart des stations (tableaux 2, 3 et 4). La distribution de la variation des concentrations et des charges aux 22 stations montre davantage une baisse pour l'azote ammoniacal et le phosphore total et une hausse pour les nitrates (figure 3).

Phosphore total – Entre 2002 et 2017, la majorité des cours d'eau (15 sur 22) ne montrent pas de tendance significative de la variation des concentrations en PTOT. Seize montrent aussi une stabilité des charges. Sept cours d'eau montrent une baisse des concentrations moyennes annuelles en PTOT et six, une baisse des charges totales annuelles. Seules les rivières Fouquette, des Pins, des Hurons, Saint-Louis et Bédard montrent une tendance significative à la baisse à la fois des concentrations et des charges. La médiane des variations aux 22 stations montre une baisse d'environ 20 % pour les concentrations et les charges, alors que la médiane des moyennes annuelles passe de 0,096 à 0,076 mg/l pour les concentrations et de 22 à 21 tonnes/an pour les charges (tableaux 2 et 3 et figures 3 et 4).

Tableau 2 Variations et tendances dans les concentrations de sept paramètres physicochimiques et bactériologiques

Tendance dans les concentrations								
Paramètres	Médianes des moyennes annuelles		Variation médiane 2002-2017		Nombre de sites selon la tendance			Tendance générale
	2002	2017	Unité	(%)	Aucune	Baisse	Hausse	
Phosphore total (mg/L):	0,096	0,076	-0,018	-18,5	15	7	0	Aucune
Azote total (mg/L):	2,19	2,02	-0,06	-3,4	16	4	2	Aucune
Nitrites-nitrates (mg/L):	1,52	1,68	0,19	13	15	2	5	Aucune
Azote ammoniacal (mg/L):	0,18	0,10	-0,06	-33,5	6	16	0	Baisse
Coliformes fécaux (UFC/100 ml):	489	369	-86	-16,5	12	9	1	Aucune
Matières en suspension (mg/L):	21	19	0,8	4,3	15	6	1	Aucune
Chlorophylle a totale estivale (µg/L):	11	10	-1,6	-13	15	6	1	Baisse

Variations et tendances dans les concentrations, pour la période 2002-2017, pour sept paramètres physicochimiques et bactériologiques à l'embouchure de 22 cours d'eau agricoles. Une tendance est considérée comme significative si la vraisemblance du sens de la tendance égale ou excède 90 %[5,6,7].

Tableau 3 Variations et tendances dans les charges, pour la période 2002-2017, pour sept paramètres physicochimiques et bactériologiques à l'embouchure de 22 cours d'eau agricoles

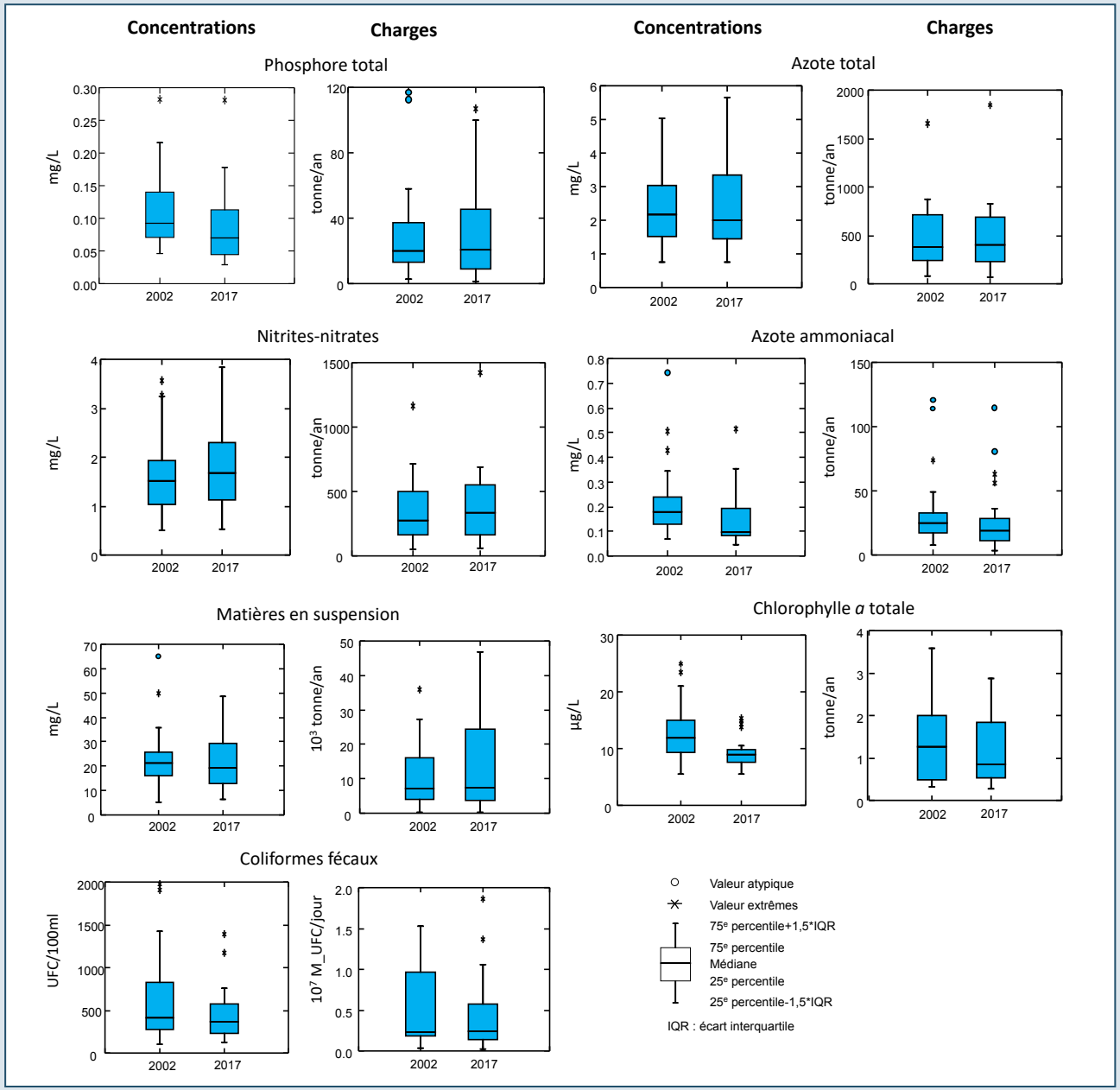
Tendance dans les charges								
Paramètres	Médianes des moyennes annuelles		Variation médiane 2002-2017		Nombre de sites selon la tendance			Tendance générale
	2002	2017	Unité	(%)	Aucune	Baisse	Hausse	
Phosphore total (tonne/an):	22,1	20,8	-3,85	-19,5	16	6	0	Aucune
Azote total (tonne/an):	374,5	406	1,7	0,8	15	3	4	Aucune
Nitrites-nitrates (tonne/an):	279	339	37,5	18	16	0	6	Aucune
Azote ammoniacal (tonne/an):	24,7	19,3	-4,6	-28	12	9	1	Aucune
Coliformes fécaux (10^7 M_UFC/jour):	0,2	0,2	-0,01	-15,6	12	8	2	Aucune
Matières en suspension (10^3 tonne/an):	7,8	7,6	-0,11	-2,2	16	3	3	Aucune
Chlorophylle a totale estivale (tonne/an):	1,3	1	-0,08	-13,5	18	2	2	Aucune

Variations et tendances dans les charges, pour la période 2002-2017, pour sept paramètres physicochimiques et bactériologiques à l'embouchure de 22 cours d'eau agricoles. Une tendance est considérée comme significative si la vraisemblance du sens de la tendance égale ou excède 90 %[5,6,7].

Azote total – Les concentrations en NTOT sont stables à 16 stations et à la baisse à 4 stations, alors que les charges sont stables à 15 stations et à la baisse à 3 stations. Deux cours d'eau montrent une hausse des concentrations et 4 une hausse des charges annuelles durant cette période. Les rivières Saint-Louis et Mascouche montrent une baisse et la rivière de l'Achigan une hausse significative, à la fois des concentrations et des charges. Pour l'ensemble des 22 stations, au cours de la période 2002-2017, la variation médiane montre une baisse de 3% pour les concentrations et une hausse de 1% pour les charges, alors que la médiane des moyennes annuelles passe de 2,2 à 2,0 mg/l pour les concentrations et de 375 à 406 tonnes/an pour les charges de 2002 à 2017.

Nitrates – La majorité des cours d'eau (15 sur 22) montrent une stabilité des concentrations annuelles en NO_X et 5, une hausse. Seules les rivières Saint-Louis et Saint-Esprit montrent une baisse significative. Les charges annuelles sont stables à 16 stations et montrent une hausse significative à 6 stations. Pour l'ensemble des 22 stations, au cours de la période 2002-2017, la variation médiane montre une hausse de 13% pour les concentrations et de 18% pour les charges, alors que la médiane des moyennes annuelles passe de 1,5 à 1,7 mg N/l pour les concentrations et de 279 à 339 tonnes N/an pour les charges de 2002 à 2017.

Figure 4 Distribution des moyennes annuelles des concentrations et des charges



Distribution des moyennes annuelles des concentrations et des charges de sept paramètres physicochimiques et bactériologiques, en 2002 et 2017, à l'embouchure de 22 cours d'eau agricoles du Québec méridional.

Tableau 4 Tendance dans les concentrations et les charges pour la période 2002-2017

COURS D'EAU		Phosphore total		Azote total		Nitrites-nitrates		Azote ammoniacal		Coliformes fécaux		Matières en suspension		Chlorophylle a totale	
		conc.	charge	conc.	charge	conc.	charge	conc.	charge	conc.	charge	conc.	charge	conc.	charge
RIVE SUD															
02260002	KAMOURASKA	-38	-41	-4	6	20	21	-54	-52	35	15	27	-11	-54	-56
02E90001	FOUQUETTE	-58	-48	11	31	79	74	-84	-81	-11	-30	28	15	-29	-25
02340034	BEAURIVAGE	-21	-19	-3	-0	-2	1	-32	-23	-44	-42	32	61	35	75
02340051	BRAS D'HENRI	-7	-3	-3	3	13	35	-25	-15	54	88	22	71	58	52
03010038	DES PINS*	-48	-34	3	1	13	6	-53	-15	-0	1	32	35	20	41
03030003	NOIRE	-13	-14	-6	12	1	22	-30	-0	79	63	-21	-26	77	113
03030038	CHIBOUET**	-17	-21	-8	-0	7	15	-65	-50	36	63	-27	-12	16	23
03030096	À LA BARBUE**	-20	-23	35	10	64	31	-17	7	14	24	7	31	-17	-14
03040007	DES HURONS**	-37	-18	-18	-11	-0	14	-30	-14	-55	-35	-31	-19	71	83
03040015	AUX BROCHETS**	-15	-22	4	10	23	30	-43	-31	-66	-40	1	26	-33	-16
03040071	MORPIONS*	-15	-23	14	17	44	47	-35	-39	-72	-62	-45	-36	-20	-13
03040116	L'ACADIE	6	-9	-8	-5	-4	-7	-30	-13	-22	-67	-27	-32	5	-23
03090002	DES ANGLAIS	-0	-11	-3	-2	-2	4	-21	-32	-52	-68	-21	-19	-55	-47
03090046	NORTON	-23	-20	16	19	54	51	-45	-25	-92	-81	-46	-33	-57	-37
03110003	SAINT-LOUIS	-36	-31	-50	-47	-56	-49	-47	-49	-8	9	-21	-24	73	66
RIVE NORD															
04640003	MASCOUCHE**	-28	-3	-9	-15	10	-0	-30	-33	-27	-1	37	67	27	44
05030114	DES ENVIES	-13	-19	-2	-12	6	-6	-27	-16	2	4	-37	-44	20	11
05040143	NIAGARETTE*	-21	-28	-7	-18	24	-1	-69	-61	-82	-77	-20	-22	-39	-20
05220005	DE L'ACHIGAN	-1	44	56	35	89	52	15	29	-47	-31	50	90	-12	-17
05220006	SAINT-ESPRIT**	-7	43	-23	-14	-20	-9	-50	-34	-65	-42	11	36	-39	-29
06120001	BÉDARD**	-26	-32	-7	1	18	30	-44	-33	59	57	29	7	-14	-18
06200001	TICOUAPÉ**	-16	-15	3	9	14	23	7	9	99	129	75	107	-18	-8

Astérisques	TENDANCE				VRAISEMBLANCE («likelihood»)
	Baisse		Hausse		
*: Sans station d'épuration d'eaux usées municipales	Hautement vraisemblable		Hautement vraisemblable		≥ 95%
**: Sans ajout de station d'épuration d'eaux usées municipales	Très vraisemblable		Très vraisemblable		≥ 90% à < 95%
	Absence		Absence		< 90%

Tendances, variations moyennes annuelles (%) et niveau de probabilité dans les concentrations et les charges, pour la période 2002-2017, pour sept paramètres physicochimiques et bactériologiques à l'embouchure de 22 cours d'eau agricoles du Québec méridional. Une tendance est considérée comme significative si la vraisemblance du sens de la tendance égale ou excède 90%[5,6,7]. L'absence de tendance pour le phosphore total à deux stations a été validée à l'aide d'une autre approche[3].

Note: Parmi les bassins versants drainés aux 22 stations de qualité de l'eau, 3 ne comportent aucune station d'épuration des eaux usées municipales, 11 comportent au moins une station d'épuration mise en service au cours de la période de 2002 à 2017 et 8 comportent au moins une station d'épuration, mais aucune mise en service au cours de la période de 2002 à 2017.

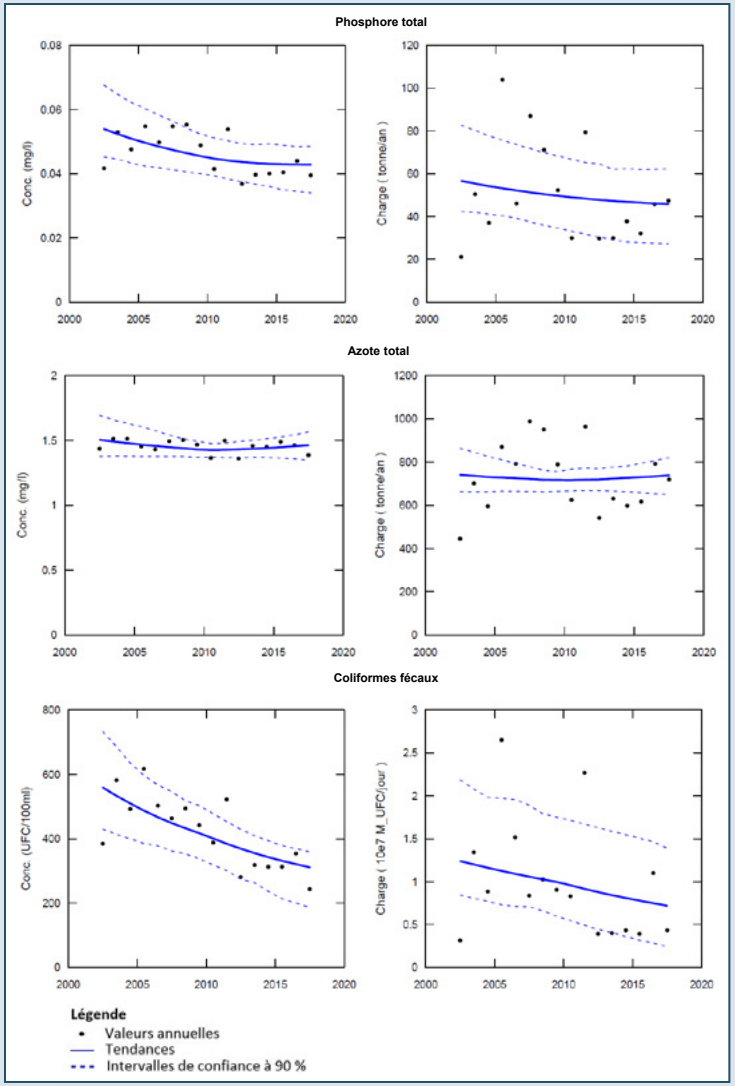
Azote ammoniacal – La majorité des cours d'eau (16 sur 22) montrent une baisse significative des concentrations annuelles en NH_3 et 6 sont stables, alors que 9 cours d'eau montrent une baisse des charges annuelles et 12 sont stables. Seule la rivière à la Barbue montre une hausse, pour les charges. Pour l'ensemble des 22 stations, au cours de la période 2002-2017, la variation médiane montre une baisse de 34 % pour les concentrations et de 28% pour les charges, alors que la médiane des moyennes annuelles passe de 0,18 à 0,10 mg N/l pour les concentrations et de 25 à 19 tonnes N/an pour les charges de 2002 à 2017.

Coliformes fécaux – Les concentrations en CF sont stables à 12 stations et en baisse à 9 stations, alors que les charges sont stables à 12 stations et en baisse à 8 stations. Seule la rivière Noire montre une hausse significative des concentrations et des charges, et la rivière Bédard une hausse des charges seulement. Pour l'ensemble des 22 stations, au cours de la période 2002-2017, la variation médiane montre une baisse de 17 % pour les concentrations et de 16% pour les charges, alors que la médiane des moyennes annuelles passe de 489 à 369 UFC/100 ml pour les concentrations et demeure à $0,2 \times 10^7$ M_UFC/jour pour les charges de 2002 à 2017.

Matières en suspension – Quinze cours d'eau montrent une stabilité et 6, une baisse des concentrations annuelles en MES. Seule la rivière Noire montre une hausse significative des concentrations. Pour les charges, 16 cours d'eau montrent une stabilité, 3 une baisse et 3 une hausse significative. Pour l'ensemble des 22 stations, au cours de la période 2002-2017, la variation médiane montre une augmentation de 4 % pour les concentrations et une baisse de 2% pour les charges, alors que la médiane des moyennes annuelles passe de 21 à 19 mg/l pour les concentrations et demeure à 8 tonnes/an pour les charges de 2002 à 2017.

Chlorophylle α totale – En période estivale, 15 cours d'eau montrent une stabilité et 6, une baisse des concentrations en CHLOA. Seule la rivière Saint-Louis montre une hausse significative des concentrations. Pour les charges, 18 cours d'eau montrent une stabilité, 2 une baisse et 2 une hausse significative. La variation médiane montre une baisse de 13% pour les concentrations et de 14 % pour les charges, alors que la médiane des moyennes estivales passe de 11 à 10 mg/l pour les concentrations et demeure à une tonne pour les charges de 2002 à 2017 (tableaux 2 et 3).

Figure 5 Tendance des concentrations et des charges à la station à l'embouchure de la rivière Beaurivage à Lévis (2002-2017)

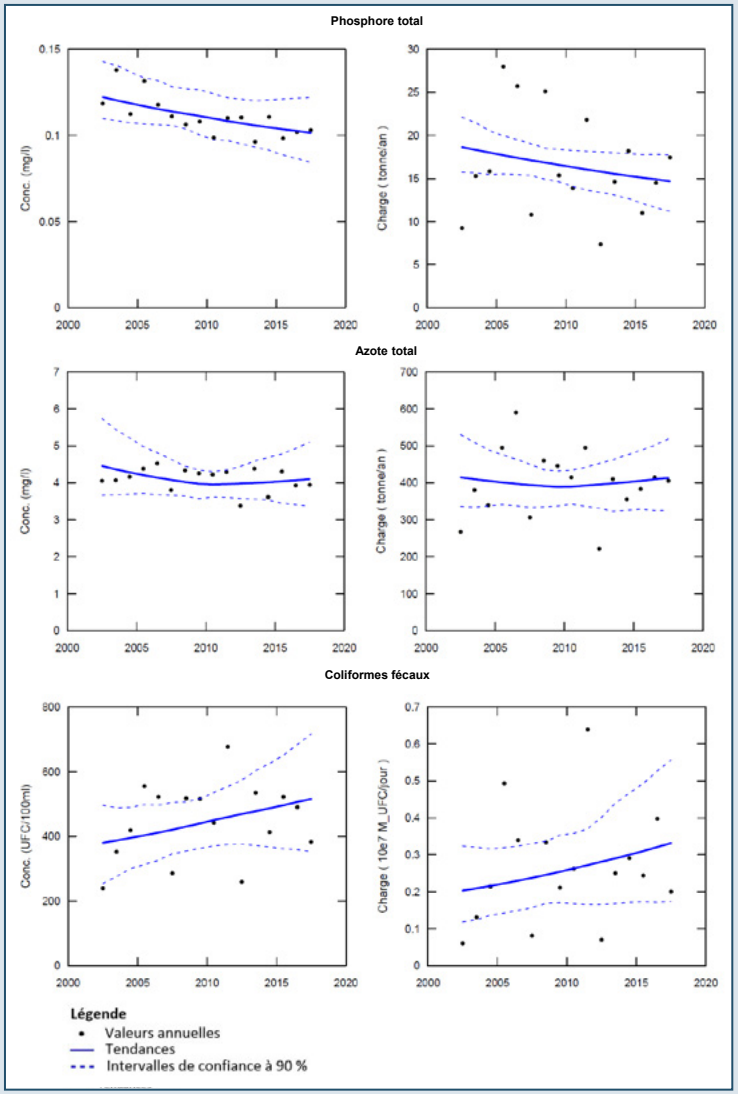


Évolution des concentrations moyennes et des charges annuelles de phosphore total, d'azote total et de coliformes fécaux à l'embouchure de la rivière Beaurivage à Lévis (station 02340004) au cours de la période 2002-2017. Les concentrations (figures de gauche) de phosphore total et d'azote total sont mesurées en milligrammes par litre (mg/l), alors que les concentrations de coliformes fécaux sont exprimées en unités formatrices de colonies par 100 millilitres (UFC/100 ml). Les charges (figures de droite) de phosphore total et d'azote total sont calculées en tonnes par année (tonne/an), alors que la charge de coliformes fécaux est exprimée en millions d'unités formatrices de colonies par jour (M_UFC/jour).

EXEMPLES TYPES: LES RIVIÈRES BEAURIVAGE, CHIBOUET ET DE L'ACHIGAN

La majorité des 22 stations en milieu agricole n'ont pas montré de tendance significative au cours de la période de 2002 à 2017, sauf pour les concentrations d'azote ammoniacal, qui ont affiché une tendance à la baisse à 16 stations (tableaux 2, 3 et 4). La distribution de la variation des concentrations et des charges moyennes annuelles observées aux 22 stations entre 2002 et 2017 (figure 3) montre toutefois une diminution du phosphore et de l'azote ammoniacal et une augmentation des nitrates. Les résultats sont plus partagés pour l'azote total, les matières en suspension, les coliformes fécaux et la chlorophylle. L'évolution des concentrations et des charges est illustrée, à titre d'exemple, à trois stations, soit les rivières Beaurivage, Chibouet et de l'Achigan, pour le phosphore, l'azote total et les coliformes fécaux (figures 5, 6 et 7). Ces trois rivières sont parmi les tributaires agricoles situés dans des zones de concentrations d'élevages retenus depuis 1988 pour mesurer l'incidence des programmes d'assainissement sur la qualité de l'eau des rivières[8]. Les trois paramètres retenus présentent des dépassements fréquents (tableau 1). Ils couvrent trois problématiques: l'eutrophisation (phosphore), les apports d'activités humaines (azote total) et le risque microbien (coliformes).

Figure 6 Tendance des concentrations et des charges à la station à l'embouchure de la rivière Chibouet à Saint-Hugues (2002-2017)



Évolution des concentrations moyennes et des charges annuelles de phosphore total, d'azote total et de coliformes fécaux à l'embouchure de la rivière Chibouet à Saint-Hugues (station 03030038) au cours de la période 2002-2017. Les concentrations (figures de gauche) de phosphore total et d'azote total sont mesurées en milligrammes par litre (mg/l), alors que les concentrations de coliformes fécaux sont exprimées en unités formatrices de colonies par 100 millilitres (UFC/100 ml). Les charges (figures de droite) de phosphore total et d'azote total sont calculées en tonnes par année (tonne/an), alors que la charge de coliformes fécaux est exprimée en millions d'unités formatrices de colonies par jour (M_UFC/jour).

Note: Le suivi mensuel des concentrations de phosphore total, d'azote total et de coliformes fécaux à la station de la rivière Chibouet, sur les 12 mois de chaque année de 2002 à 2010, devient sur 8 mois (avril à novembre) à compter de 2011. Les débits à la station de qualité de l'eau sont estimés par krigeage[9] à l'aide des données de stations de débits sur des bassins versants avoisinants.

RIVIÈRE BEAURIVAGE

Entre 2002 et 2017, les concentrations moyennes annuelles de phosphore de la rivière Beaurivage sont passées de 0,054 à 0,043 mg/l (-21 %), alors que les charges sont passées d'environ 57 à 46 tonnes par année (-19 %). Les concentrations annuelles d'azote total sont passées de 1,51 à 1,46 mg N/l (-3 %), alors que les charges sont passées de 741 à 739 tonnes par année (-0,3 %). Finalement, les concentrations moyennes annuelles de coliformes fécaux sont passées de 559 à 311 UFC/100ml (-44 %), alors que les charges moyennes journalières sont passées d'environ 1,2 à 0,72 × 10^7 M_UFC par jour (-42 %).

RIVIÈRE CHIBOUET

Dans la rivière Chibouet, entre 2002 et 2017, les concentrations moyennes annuelles de phosphore sont passées de 0,122 à 0,101 mg/l (-17 %), alors que les charges sont passées d'environ 19 à 15 tonnes par année (-21 %). Les concentrations annuelles d'azote total sont passées de 4,46 à 4,10 mg N/l (-8 %), alors que les charges sont passées de 415 à 413 tonnes par année (-0,4 %). Finalement, les concentrations moyennes annuelles de coliformes fécaux sont passées de 380 à 515 UFC/100ml (+36 %), alors que les charges moyennes journalières sont passées d'environ 0,20 à 0,33 × 10^7 M_UFC par jour (+63 %).

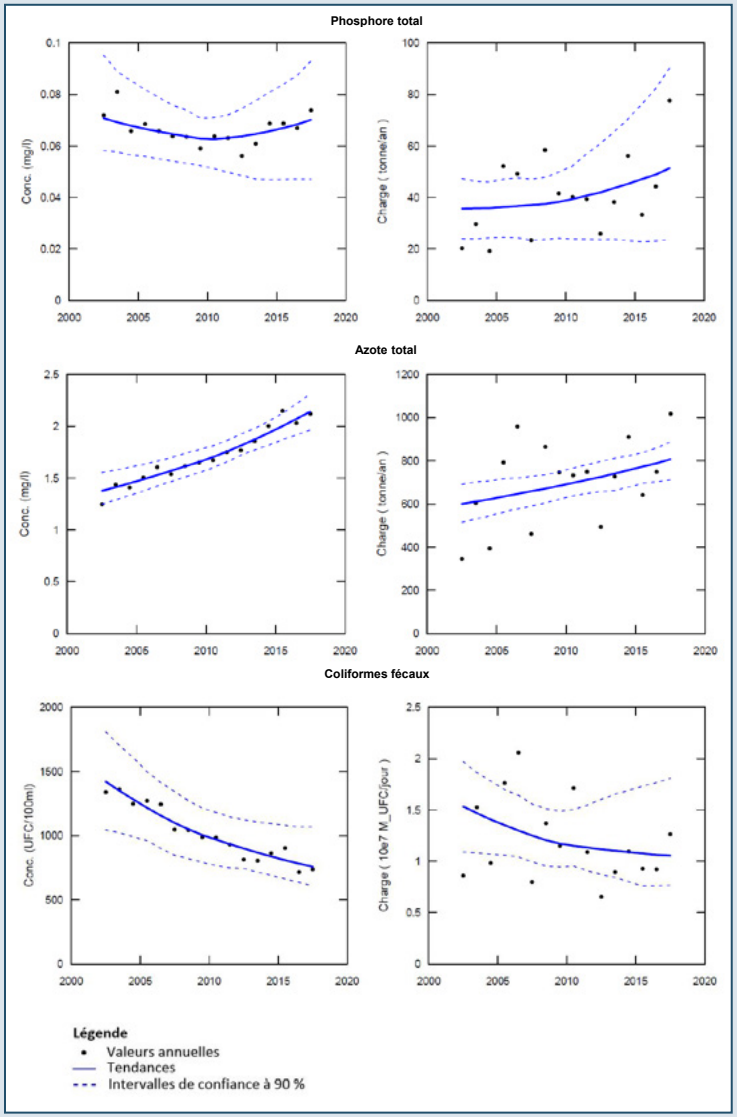
RIVIÈRE DE L'ACHIGAN

Dans la rivière de l'Achigan, entre 2002 et 2017, les concentrations moyennes annuelles de phosphore sont passées de 0,071 à 0,070 mg/l (-0,8 %), alors que les charges sont passées d'environ 36 à 51 tonnes par année (+44 %). Les concentrations annuelles d'azote total sont passées de 1,38 à 2,14 mg N/l (+56 %), alors que les charges sont passées de 600 à 807 tonnes par année (+35 %). Finalement, les concentrations moyennes annuelles de coliformes fécaux sont passées de 1420 à 747 UFC/100ml (-57 %), alors que les charges moyennes journalières sont passées d'environ 1,53 à 1,06 × 10^7 M_UFC par jour (-31 %).

PRESSIONS

En milieu agricole, la concentration des élevages dans certains bassins versants entraîne une production importante de déjections animales. Ces déjections contiennent des éléments nutritifs comme le phosphore et l'azote, ainsi que des bactéries, des matières particulaires et d'autres contaminants organiques, qui peuvent être rejetés directement dans le cours d'eau par le bétail qui y a accès ou s'écouler des aires de stockage en l'absence de structures d'entreposage étanche[11]. Les déjections animales sont également épandues sur les sols en culture, en plus des engrais minéraux et, dans certains cas, de matières résiduelles fertilisantes. À la suite de leur épandage sur les sols en culture, les contaminants qu'ils contiennent peuvent aussi rejoindre les cours d'eau à la suite des précipitations, par les eaux de ruissellement et de drainage souterrain. Certains contaminants, comme l'azote ammoniacal et le phosphore, se retrouvent surtout dans les eaux de ruissellement, et d'autres plus solubles, comme les nitrates, dans les eaux de drainage souterrain[12,13,14,15,16].

Figure 7 Tendance des concentrations et des charges à la station à l'embouchure de la rivière de l'Achigan dans la MRC de L'Assomption (2002-2017)



Évolution des concentrations moyennes et des charges annuelles de phosphore total, d'azote total et de coliformes fécaux à l'embouchure de la rivière de l'Achigan dans la MRC de L'Assomption (station 05220005) au cours de la période 2002-2017. Les concentrations (figures de gauche) de phosphore total et d'azote total sont mesurées en milligrammes par litre (mg/l), alors que les concentrations de coliformes fécaux sont exprimées en unités formatrices de colonies par 100 millilitres (UFC/100 ml). Les charges (figures de droite) de phosphore total et d'azote total sont calculées en tonnes par année (tonne/an), alors que la charge de coliformes fécaux est exprimée en millions d'unités formatrices de colonies par jour (M_UFC/jour).

Sans entreposage étanche, environ 5 % du phosphore et 12 % de l'azote des déjections animales s'écoule vers les cours d'eau[12,17,18]. Un manque de capacité d'entreposage augmente les risques de débordement et les quantités épandues en dehors des périodes de croissance de cultures. En l'absence de traitement, les déjections animales contiennent une forte concentration de coliformes fécaux et des microorganismes pathogènes, qui diminue avec la durée d'entreposage[11].

L'exportation de contaminants des parcelles cultivées augmente avec la quantité de fertilisants épandue[12,13]. Cette quantité épandue est généralement plus élevée dans les bassins versants aux prises avec des surplus de déjections animales ainsi que sur les cultures intensives. Pour cette raison, la qualité de l'eau des cours d'eau est généralement plus dégradée dans les bassins versants comportant une forte densité animale ou une forte proportion de leur territoire en cultures intensives[19,20,21].

La surfertilisation contribue aussi à l'enrichissement et à la saturation des sols en phosphore. Ce problème répandu accentue le problème de dépassement du critère de qualité de l'eau dans les cours d'eau agricoles[22,23,24]. L'ajout de phosphore dans les moulées, pour compenser sa faible absorption dans les céréales par les porcs et les volailles, augmente le contenu en phosphore des déjections animales. L'utilisation de phytase augmente cette absorption, ce qui permet de réduire d'environ 25 % leur contenu en phosphore[3].

Certaines pratiques de gestion des déjections animales, comme l'épandage en surface du sol ou à l'automne, favorisent les pertes d'azote ammoniacal et de phosphore, comparativement à l'incorporation des déjections au sol ou à l'épandage pendant la période de croissance des cultures[12,13,14]. Les pratiques culturales laissant le sol à nu favorisent également l'érosion du sol, comparativement à certaines pratiques alternatives, comme les cultures intercalaires, ou aux cultures pérennes. Le drainage souterrain des terres agricoles favorise le transport des contaminants, notamment des plus solubles, comme les nitrates. Finalement, la culture du sol et l'épandage de fertilisants à proximité des cours d'eau favorisent le transport de particules de sol, d'éléments nutritifs et de bactéries vers les cours d'eau.

La présence, dans les bassins versants en milieu agricole, de résidences isolées et, dans certains cas, de rejets d'eaux usées municipales[32] ou d'industries agroalimentaires, constitue également une pression, qui s'ajoute à l'agriculture.

En outre, les valeurs élevées pour le phosphore, l'azote et les bactéries sont associées surtout aux superficies agricoles et au cheptel[19,20,21]. Dans le cas du phosphore, l'enrichissement des sols consécutif à un historique de surfertilisation par les déjections animales et les engrais phosphatés fait aussi partie de la problématique[22,23,24,32].

FORCES

- Urbanisation[tableau 1 de cette fiche]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[3,10,tableau 1 de cette fiche]
- Activités industrielles[10,tableau 1 cette fiche]
- Activités agricoles[3,10,tableau 1 de cette fiche]

IMPACTS

- Problèmes d'alimentation en eau potable[27]
- Contamination de l'eau potable utilisée et problèmes de santé en découlant[27]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)
- Altération des facteurs esthétiques de l'eau potable[27]
- Problèmes d'approvisionnement en eau pour des activités agricoles et industrielles[27]
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[33]
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[33]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[34]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[33]

Dans les cours d'eau, la présence excessive de ces éléments nutritifs favorise la production de la chlorophylle **a**, indicatrice de la biomasse algale. Les fortes densités animales et humaines sont aussi associées aux valeurs élevées de coliformes fécaux[20,21] alors que les cultures mettant les sols à nu favorisent l'érosion et les valeurs élevées de matières en suspension et de turbidité.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Au cours de la période de 2002 à 2017, les pressions sur les cours d'eau en milieu agricole ont évolué en fonction de différents facteurs, dont le changement dans les cheptels ou les cultures, le retrait du bétail des cours d'eau, l'ajout d'entreposage étanche et l'évolution des méthodes de gestion des déjections animales, l'utilisation de phytase et d'engrais minéraux ou encore la mise en place de mesures de conservation des sols.

Les rejets ponctuels d'eaux usées municipales et domestiques contribuent également aux pressions sur les cours d'eau. La mise en service de stations d'épuration des eaux usées municipales au cours de la période de 2002 à 2017 a pu contribuer, pour 11 cours d'eau (tableau 4), à une baisse des pressions d'origine anthropique. Par exemple, dans le bassin versant de la rivière Beaurivage, la mise en service en 2004 et 2007 d'étangs aérés conçus pour le traitement des eaux usées de 2 300 habitants de trois municipalités a réduit d'environ une demi-tonne par année les apports de phosphore[25]. La désinfection des eaux usées par les étangs aérés a pu contribuer à diminuer aussi les apports de coliformes fécaux des eaux usées municipales en rivière.

L'évolution de facteurs climatiques au cours des dernières décennies, comme la hausse des pluies printanières et automnales[26], a pu avoir une influence sur les pressions provenant des activités humaines en milieu agricole.

Au cours des prochaines décennies, l'augmentation probable des crues estivales et automnales, la diminution probable des crues printanières et la diminution très probable des débits d'étiage estivaux[34] risquent d'accroître les apports des contaminants de source diffuse, comme le phosphore, en période estivale, et leurs effets sur l'environnement aquatique et les usages de l'eau. Combinés à une augmentation des températures de l'eau, consécutive à un réchauffement des températures ambiantes[33], ces changements pourraient entraîner une diminution des concentrations d'oxygène dissous dans les cours d'eau[28], augmenter et modifier la population algale[29], accroître la toxicité de certains contaminants comme l'azote ammoniacal[2] et accélérer la nitrification et la dénitrification de l'azote[28]. Des conditions plus anoxiques pourraient favoriser une augmentation des concentrations de nitrites, qui sont toxiques pour la vie aquatique à de plus faibles concentrations que les nitrates[2] et ont déjà été mesurées dans de petits

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r. 35)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)
  - *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* (R.Q. c. Q-2, r. 22)
  - *Règlement sur les exploitations agricoles* (R.Q c. Q-2, r. 26) (REA), 2002
  - *Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées* (R.Q. c. Q-2, r. 34.1)
  - *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (R.Q c. Q-2, r. 35.2)
  - *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (R.Q. c. Q-2, r. 40)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF)
- Programme d'assainissement des eaux du Québec, 1978

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de campagnes d'échantillonnage ponctuelles
- Financement de la production et mise en œuvre des Plans directeurs de l'eau
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert
- Programmes d'aide financière consacrés aux infrastructures municipales
  - Fonds pour l'infrastructure municipale d'eau (FIMEAU)
  - Programme d'infrastructures municipales d'eau (PRIMEAU)
- Programme pour une protection accrue des sources d'eau potable (PPASEP)

AUTRES

- Accompagnement des MRC et municipalités
- Rapports et publications de sensibilisation
- Réseaux de suivi

cours d'eau agricoles[4], à des valeurs proches du critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique[2].

L'augmentation très probable des débits d'étiage hivernaux[34] et les redoux hivernaux plus fréquents pourraient accroître les dépassements des critères pour l'azote ammoniacal, dont celui pour la protection de l'eau brute d'approvisionnement. Ces changements pourraient également augmenter le potentiel du ruissellement de surface et de l'érosion des sols.

Une augmentation de la température des sols pourrait aussi favoriser la minéralisation de la matière organique et augmenter, en saison de culture et en période hivernale, les apports de nitrates aux cours d'eau, qui présentent déjà des tendances à la hausse et des dépassements du critère de 3 mg N/l dans la majorité des cours d'eau.

Dans quelques décennies, le climat du Québec méridional pourrait ressembler au climat actuel de régions plus au sud, comme l'Ohio, l'Indiana ou la Pennsylvanie[30], où la qualité de l'eau est plus problématique.

Ces changements climatiques pourraient accentuer les problèmes de qualité de plusieurs cours d'eau à vocation agricole qui sont déjà touchés par des apports importants de sources diffuses. Ils renforcent la nécessité de poursuivre les efforts pour améliorer la gestion des intrants comme le phosphore, qui peut s'accumuler dans les sols, et l'azote, facilement lessivable sous forme de nitrates, ainsi que les mesures de protection des sols contre l'érosion.

POUR EN SAVOIR PLUS...

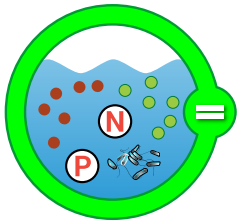
- Atlas de l'eau[31]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas
- Atlas climatique du Canada (changements climatiques projetés dans les principales villes du Canada: Québec, Montréal et Ottawa)[33]
  https://atlasclimatique.ca/accueil
- Atlas hydroclimatique du Québec méridional[34]
  http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/CruesPrintanieres/Q1max2P.htm

RÉFÉRENCES

1. **HÉBERT, S.** (1997). *Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, envirodoq nº EN/970102, 20 p. et 4 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/rivieres/indice/IQBP.pdf.
2. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE** (2019). *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp.
3. **PATOINE, M., ET F. D'AUTEUIL-POTVIN** (2013). *Tendances de la qualité de l'eau de 1999 à 2008 dans dix bassins versants agricoles au Québec*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-68544-9 (PDF), 22 p. et 7 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/10bassins-1998-2008/tendance-qualite-eau1999-2008-10bv-agricole.pdf.
4. **CORRIVEAU, J.** (2009). *Étude des concentrations toxiques de nitrite dans les cours d'eau d'un bassin versant agricole.* Thèse. Québec, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, Doctorat en sciences de l'eau, 144 p., [En ligne], http://espace.inrs.ca/1453/1/T000515.pdf.
5. **CHOQUETTE, A. F., R. M. HIRCH, J. C. MURPHY, L. T. JOHNSON ET R. B. CONFESOR JR.** (2019). « Tracking changes in nutrient delivery to western Lake Erie: Approaches to compensate for variability and trends in streamflow ». *Journal of Great Lakes Research*, 45, 21-39, [En ligne], https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0380133018302235.
6. **HIRSCH, R. M., S. A. ARCHFIELD ET L. A. DE CICCO** (2015). « A Bootstrap Method for Estimating Uncertainty of Water Quality Trends ». *Environmental Modelling and Software*, 73, 148-166, [En ligne], http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815215300220.
7. **VAUGHAN, M.C.H.** (2019). *Concentration, load, and trend estimates for nutrients, chloride, and total suspended solids in Lake Champlain tributaries, 1990-2017.* Lake Champlain Basin Program Technical Report #86, [En ligne], http://lcbp.org/techreportPDF/86_LC_Tributary_Loading_Report.pdf.
8. **GANGBAZO, G., ET J. PAINCHAUD** (1998). *Incidence des politiques et programmes d'assainissement agricole sur la qualité de l'eau de six rivières, 1988-1995.* Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, ISBN: 2-550-32744-6, 16 p. et 4 annexes.
9. **LACHANCE-CLOUTIER, S.** (2014). *Estimation de séries de débits journaliers au site de stations de qualité d'eau*, rapport technique, Québec, Centre d'expertise hydrique du Québec, Direction de l'expertise hydrique, avril, document interne, 15 p. et 2 annexes [disponible sur demande].
10. **PATOINE, M.** (2017). *Charges de phosphore, d'azote et de matières en suspension à l'embouchure des rivières du Québec, 2009 à 2012*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-77490-7 (PDF), 25 p. et 11 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/phosphore/charge-phosphore-azote-mes2009-2012.pdf.

RÉFÉRENCES (SUITE)

11. **PATOINE, M., ET F. D'AUTEUIL-POTVIN** [2015]. Contamination bactériologique des petits cours d'eau en milieu agricole: état et tendances, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN: 978-2-550-72699-9 (PDF), 35 p. et 8 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/Rapport_agricole.pdf.
12. **LAROCQUE, M., M. PATOINE, O. BANTON, A.N. ROUSSEAU ET P. LAFRANCE** (2002). « Quantification des pertes de phosphore en milieu agricole – Outil LoPhos ». *Vecteur environnement*, 35(5), 48-56.
13. **GANGBAZO, G., A.R. PESANT ET G.M. BARNETT** (1997). *Effets de l'épandage des engrais minéraux et de grandes quantités de lisier de porc sur l'eau, le sol et les cultures*, ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, ISBN: 2550-32097-2, 46 p. et 3 annexes.
14. **GANGBAZO, G., D. CÔTÉ, A.R. PESANT, ET G.M. BARNETT** (1998). *Effets de l'épandage du lisier de porc en pré-semis ou en postlevée sur la qualité de l'eau et du sol et la production du maïs-grain*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, ISBN: 2-550-33032-3, 37 p. et 8 annexes.
15. **PATOINE, MICHEL** (2010). *Influence du drainage souterrain sur la qualité de l'eau de la rivière Boyer Nord*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN: 978-2-550-59876-3 (PDF), 24 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/boyer/influence-drainage-sout.pdf.
16. **PICHÉ, I., ET G. GANGBAZO** (1991). *Étude de la qualité des eaux de drainage souterrain*, ministère de l'Environnement du Québec, Direction de l'assainissement agricole, ISBN: 2-550-22077-3, 37 p. et 3 annexes.
17. **PICHÉ, I., ET G. GANGBAZO** (1995). *Incidence des tas de fumier sur la qualité des eaux de surface*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, ISBN: 2-550-23995-4, 40 p. et 3 annexes.
18. **PICHÉ, I., ET G. GANGBAZO** (1995). *Incidence des cours d'exercice sur la qualité des eaux souterraines et superficielles*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, ISBN: 2-550-23996-2, 25 p. et 1 annexe.
19. **HÉBERT, S., ET D. BLAIS** (2017). *Territoire et qualité de l'eau: développement de modèles prédictifs*. Direction générale du suivi de l'état de l'environnement et Direction de l'expertise en biodiversité, ISBN 978-2-550-77770-0 (PDF), 30 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/Rapport_Qualite_Territoire.pdf.
20. **PATOINE, M.** (2011). « Influence de la densité animale sur concentrations des coliformes fécaux dans les cours d'eau du Québec méridional, Canada ». *Revue des sciences de l'eau*, 24(4), 421-435, [En ligne], https://www.erudit.org/fr/revues/rseau/2011-v24-n4-rseau5005753/1007628ar.pdf.
21. **PATOINE, M., ET F. D'AUTEUIL-POTVIN,** (2020). *Contamination bactériologique des petits cours d'eau en milieu agricole: développement de modèles prédictifs*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN: 978-2-550-87111-8 (PDF), 29 p. et 10 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/contamination-bacteriologique-petits-cours-eau.pdf.
22. **PATOINE, M., ET M. SIMONEAU** (2002). « Impacts de l'agriculture intensive sur la qualité de l'eau des rivières au Québec ». *Vecteur environnement*, 35(1), 61-66.
23. **TABI, M., L. TARDIF, D. CARIER, G. LAFLAMME ET M. ROMPRÉ** (1990). *Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec – Rapport synthèse*. Québec, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction de la recherche et du développement, Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire, ISBN 2-550-211161-8, 70 p. et 1 annexe.
24. **SIMARD, R., D. CLUIS, G. GANGBAZO ET S. BEAUCHEMIN** (1995). « Phosphorus status of forest and agricultural soils from a watershed of high animal density ». *Journal of Environmental Quality*, 24(5), 1010-1017.
25. **MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE** (MAMOT) (2014). *Rapport-Ouvrages de surverse et stations d'épuration-évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2013*, Québec, MAMOT, Direction des infrastructures, ISBN 978-2-550-70842-1, 44 p. et 11 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/ouvrages-municipaux/omaeu-mamot/2013.pdf.
26. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation: synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Quebec. Partie 1: Évolution climatique au Québec*. Édition 2015. Montréal (Québec): Ouranos, 114 p., [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SynthesePartie1.pdf.
27. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MDDELCC) (2016). *Bilan de la qualité de l'eau potable au Québec, 2010-2014*, Québec, MDDELCC, Direction de l'eau potable et des eaux souterraines, ISBN 978-2-550-76322-2, 80 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/bilans/bilan-qualite2010-2014.pdf.
28. **VERAART, A.J., J.J.M. DE KLEINET ET M. SCHEFFER** (2011). « Warning can boost denitrification disproportionately due to altered oxygen dynamics ». *PLoS ONE*, 6(3), e18508.
29. **RICHARDSON, J., H. FEUCHTMAYR, C. MILLER, P.D. HUNTER, S.C. MABERLY ET L. CARVALHO** (2019). « Response of cyanobacteria and phytoplankton abundance to warning, extreme rainfall events and nutrient enrichment ». *Global Change Biology*, 25, 3365-3380.
30. **PAQUIN, D., ET T. LOGAN** (2017). « Que nous réserve le climat du futur? ». Webinaire, [En ligne], https://studiocast.ca/client/upa/event/3152/fr/, http://content.pqm.net/upa/3152-webinaire1-officiel-12oct2017.pdf.
31. *Atlas de l'eau*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas.
32. *Atlas climatique du Canada (changements climatiques projetés dans les principales villes du Canada: Québec, Montréal et Ottawa)*, [En ligne], https://atlasclimatique.ca/accueil.
33. *Atlas hydroclimatique du Québec méridional*, [En ligne], http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/CruesPrintanieres/Q1max2P.htm.



Physicochimie et bactériologie des tributaires du fleuve

ÉTAT

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien

Les 22 cours d'eau sélectionnés drainent, pour la plupart, une superficie importante de territoire (médiane de 2533 km^2) et déversent leurs eaux dans la portion d'eau douce du fleuve Saint-Laurent, soit le tronçon fluvial et l'estuaire fluvial (se termine à la pointe est de l'île d'Orléans) ou dans la rivière des Outaouais. Leurs bassins versants sont indépendants et drainent la grande majorité du territoire habité du Québec. Des prélèvements d'eau sont effectués à leur embouchure tous les mois depuis près de 40 ans, pour la plupart, ce qui permet un suivi à long terme de leur qualité et de leur impact sur le fleuve Saint-Laurent.

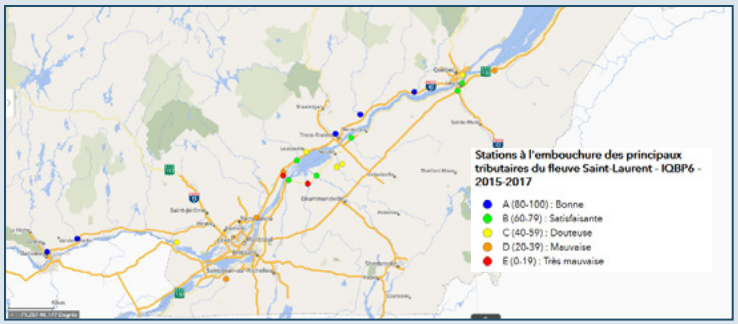
Selon les résultats d'IQBP$_6$ de la période de mai à octobre 2015-2017 (figure 1, figure 2 et tableau 1), **l'état récent global** des 22 tributaires analysés est **intermédiaire-bon**. En effet, la moitié de ces tributaires ont une qualité de l'eau bonne ou satisfaisante (classes A et B; IQBP$_6$ ≥ 60), 5 (23 %) ont une qualité douteuse (classe C: IQBP$_6$ 40-59), tandis que 6 (27 %) ont une mauvaise ou très mauvaise qualité de l'eau (classes D et E; IQBP$_6$ < 40). Les rivières de bonne qualité sont toutes situées sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, soit les rivières Gatineau, Saint-Maurice, Batiscan, du Lièvre et Jacques-Cartier. Les cours d'eau de qualité mauvaise ou très mauvaise sont les rivières Yamaska, Châteauguay et Boyer, sur la rive sud, et les rivières la Chaloupe, Bayonne et L'Assomption, sur la rive nord. La plupart de ces rivières dégradées alimentent le tronçon fluvial du fleuve Saint-Laurent, puis le lac Saint-Pierre.

Les paramètres dont les échantillons dépassent le plus souvent les critères de qualité de l'eau et les valeurs repères sont la turbidité (moyenne de 63 %) et le phosphore total (PTOT; moyenne de 47 %). Par exemple, les rivières Châteauguay,

DESCRIPTION

La qualité de l'eau des embouchures de 19 tributaires du fleuve Saint-Laurent, et de trois tributaires de la rivière des Outaouais, a été analysée. L'état récent global est évalué à l'aide de l'indice de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau (IQBP$_6$)[6], pour la période de mai à octobre de 2015-2017. L'IQBP$_6$ est calculé à partir des concentrations en azote ammoniacal, en nitrates, en phosphore total, en coliformes fécaux, en matières en suspension et en chlorophylle a totale. L'état récent global est déterminé par le pourcentage de stations dont l'IQBP$_6$ est de bonne qualité ou de qualité satisfaisante. En complément d'information, les pourcentages de dépassement des critères de qualité de l'eau[12,13,26] ont été calculés. La tendance générale des cinq dernières années est établie en comparant la classe d'état global de la période 2010-2012 avec celle de la période 2015-2017. De plus, les tendances dans l'évolution des concentrations et des charges annuelles ont été analysées pour la période de 1979-2017.

Figure 1 Qualité générale de 22 tributaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais évaluée à l'aide de l'IQBP$_6$



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Qualité générale aux embouchures de 22 tributaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais selon l'IQBP$_6$ calculé pour la période de mai à octobre 2015-2017.

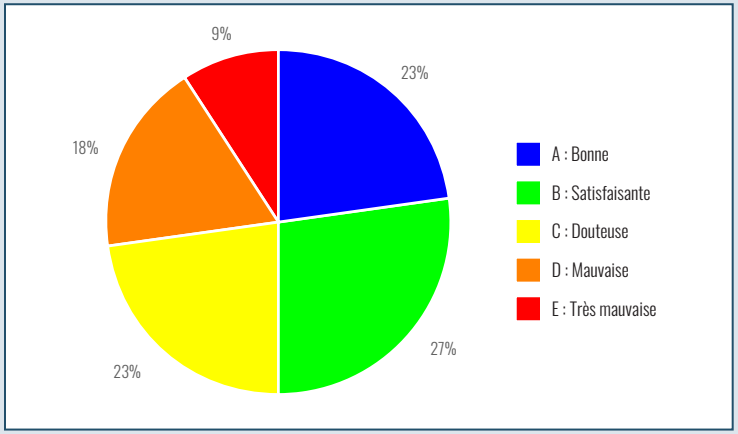
Rédigée par : **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

la Chaloupe et Bayonne dépassent constamment le critère de 0,030 mg P/l de phosphore total visant la protection de la vie aquatique. Les rivières Richelieu, Boyer, L'Assomption, la Chaloupe, Bayonne et du Loup (Mauricie) dépassent, pour leur part, constamment la valeur repère de 5,2 UNT pour la turbidité. La valeur repère de 1 mg N/l pour l'azote total (NTOT) est dépassée en moyenne dans le tiers des prélèvements. La rivière la Chaloupe dépasse constamment cette valeur. Pour leur part, l'azote ammoniacal (NH_3; moyenne de 2%) et les nitrites-nitrates (ci-après nitrates; NO_X; moyenne de 7%) dépassent rarement les critères de qualité de l'eau. En effet, le critère visant la protection de la vie aquatique pour le NH_3 n'est jamais dépassé, alors que le critère de qualité de 0,20 mg N/l pour la protection de l'eau brute d'approvisionnement est dépassé occasionnellement dans 5 des 22 tributaires étudiés. Pour les NO_X, le critère de toxicité de 3 mg N/l visant la protection de la vie aquatique est également dépassé occasionnellement dans six tributaires, et fréquemment dans un septième. La rivière la Chaloupe dépasse toutefois ce critère dans 88% de ses prélèvements. Le critère de qualité de 1 000 UFC/100 ml établi pour les coliformes fécaux (CF), afin de permettre les activités récréatives de contact indirect (p. ex.: pêche et canotage), est rarement dépassé (moyenne de 10%). Ainsi le degré de salubrité principalement recherché, soit le contact indirect, est généralement atteint pour l'ensemble des cours d'eau[12,26]. Seules les rivières du Loup et Saint-Charles dépassent ce critère dans près d'un tiers des prélèvements. Le critère de 200 UFC/100 ml, permettant les activités récréatives de contact direct comme la baignade, est dépassé dans un tiers des cas en moyenne. Il est dépassé le plus souvent dans les rivières Saint-Charles (89%), L'Assomption (72%), du Loup (65%) et du Nord (56%). Finalement, la valeur repère de 8,6 µg/l pour la chlorophylle **a** totale (CHLOA) est dépassée dans près d'un tiers des prélèvements. Les rivières Yamaska (88%), Boyer (76%), Châteauguay (67%), Nicolet Sud-Ouest (56%) et la Chaloupe (53%) sont, selon cette évaluation, davantage en excès de productivité.

Les six rivières ayant une mauvaise et très mauvaise qualité de l'eau selon l'$IQBP_6$ montrent ainsi de fréquents dépassements de critères et de valeurs repères, surtout pour le phosphore total (moyenne de 94%), la turbidité (moyenne de 94%) et l'azote total (moyenne de 66%).

Les résultats de l'$IQBP_6$, des stations du Réseau-rivières (261) sont disponibles pour la période 2015-2017 dans l'*Atlas de l'eau* (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas)[25].

Figure 2 Qualité générale de l'eau selon l'$IQBP_6$



Répartition des 22 tributaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais dans les classes de qualité de l'$IQBP_6$.

Tableau 1 $IQBP_6$ et pourcentages de dépassements des critères de qualité et valeurs repères

Station	Cours d'eau	$IQBP_6$	Critères de qualité et valeurs repères — Dépassements (%)										SUPERFICIE (km^2)	Milieux — Occupation[1] (%)					
			CF (1 000 UFC/100 ml)[2]	CF (200 UFC/100 ml)[3]	CHLOA (8,6 µg/l)[4]	NH3 (0,2 mg N/l)[5]	NH3 (variable)[6]	Nitrates (3 mg N/l)[6]	Azote total (1 mg/l)[4]	Phosphore total (0,03 mg/l)[6]	MES (13 mg/l)[4]	Turbidité (5,2 UTN)[4]		FORESTIER	ANTHROPIQUE	AGRICOLE	AQUATIQUE	HUMIDE	SOLS NUS_LANDES
RIVE SUD																			
02300001	BOYER	38	12	18	76	0	0	24	82	82	47	100	209	25,8	3,9	66,6	0,7	3,1	0,03
02330001	ETCHEMIN	61	13	25	33	6	0	6	44	44	25	63	1466	65,9	3,8	28,5	1,1	0,7	0,07
02340033	CHAUDIÈRE	79	13	38	19	0	0	0	0	25	13	19	6619	74	3,1	20,3	1,7	0,9	0,04
02400004	BÉCANCOUR	69	0	13	27	0	0	0	13	20	14	40	2595	61,8	4,2	31,2	1,4	1,3	0,03
03010008	NICOLET	52	6	28	39	0	0	0	72	22	28	33	1668	50,2	4,4	43,6	1,1	0,7	0,01
03010009	NICOLET SUD-OUEST	48	6	17	56	6	0	6	33	56	44	61	1577	52,1	3,6	42,6	0,9	0,9	0,01
03020031	SAINT-FRANÇOIS	69	6	17	17	0	0	0	6	33	22	61	10164	69,1	4,8	21,1	4,1	0,9	0,02
03030023	YAMASKA	0	6	6	88	0	0	13	69	94	88	94	4464	38,5	6,3	53,3	1,3	0,6	0,09
03040009	RICHELIEU	67	0	18	17	0	0	0	17	39	28	100	23817	17,6	10,9	68,5	2,4	0,4	0,02
03090001	CHÂTEAUGUAY	26	22	39	67	11	0	6	22	100	28	72	2463	36,2	3	58,8	0,8	0,9	0,2
RIVE NORD																			
04010002	DU NORD[1]	59	17	56	6	6	0	0	61	44	17	61	2076	75,1	9,9	6,6	6,2	2,1	0,03
04060004	DU LIÈVRE[1]	88	0	12	0	0	0	0	0	0	0	18	9485	84,5	1	2,7	9,5	2,2	0,07
04080003	GATINEAU[1]	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	23818	82,6	0,6	1,3	11,9	3,5	0,09
05010007	SAINT-MAURICE	91	0	17	0	0	0	0	0	11	6	22	42899	80,5	0,5	0,2	11,3	7,1	0,38
05030001	BATISCAN	89	0	0	0	0	0	0	0	11	17	33	4624	84,2	1,2	4,9	7,5	2,2	0,08
05080105	JACQUES-CARTIER	83	18	29	0	0	0	0	0	12	12	18	2471	88,3	3	2,4	4,7	1,5	0,04
05090017	SAINT-CHARLES	56	33	89	11	0	0	0	0	11	28	89	527	62,9	30,2	4,08	2,2	0,6	0,01
05220003	L'ASSOMPTION	39	11	72	28	0	0	0	44	89	61	100	4193	72	5,8	15,9	5	1,3	0,1
05230001	LA CHALOUPE	13	12	29	53	6	0	88	100	100	35	100	145	24,2	10,9	64,1	0,5	0,3	0
05240001	BAYONNE	35	11	28	28	0	0	22	72	100	89	100	364	40,7	6,5	51,6	0,8	0,5	0,05
05260003	MASKINONGÉ	69	6	39	0	0	0	0	6	72	22	94	1096	79,3	2,3	8,9	6,9	2,4	0,29
05280001	DU LOUP	57	35	65	0	0	0	0	6	61	44	100	1506	80,5	1	8,3	7,9	2,2	0,1
MOYENNE			10	30	26	2	0	7	29	47	30	63							

Classes de l'$IQBP_6$

Qualité	Code	Valeur
Bonne		≥ 80
Satisfaisante		≥ 60 à < 80
Douteuse		≥ 40 à < 60
Mauvaise		≥ 20 à < 40
Très mauvaise		< 20

Dépassements *

Code	Fréquence (%)
	0
	≥ 1 à < 25
	≥ 25 à < 50
	≥ 50 à < 100
	100

* Les groupements en fonction des dépassements de critères et des valeurs repères sont à titre indicatif

Abréviation des paramètres

- Coliformes fécaux (CF)
- Chlorophylle α totale (CHLOA)
- Azote ammoniacal total (NH_3)
- Matières en suspension (MES)

Calculs issus des données de la Banque de données sur la qualité du milieu (BQMA)

© Gouvernement du Québec (2016)

1: Tributaires de la rivière des Outaouais.

2: Critère pour activités récréatives de contact indirect comme la pêche sportive et le canotage.

3: Critère pour activités récréatives de contact direct comme la baignade et la planche à voile.

4: Valeur repère

5: Critère pour la protection de l'eau brute d'approvisionnement

6: Critère pour la protection de la vie aquatique (effet chronique)

$IQBP_6$ médian, pourcentages de dépassements des critères de qualité et valeurs repères au cours de la période mai-octobre 2015-2017 et occupation du territoire des bassins versants de 22 tributaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais.

TENDANCE

TENDANCE DE L'ÉTAT GLOBAL RÉCENT À INTERVALLE DE 5 ANS

L'**état global** récent de la période 2015-2017 des 22 tributaires du fleuve et de la rivière des Outaouais, établi à l'aide de l'$IQBP_6$, s'est **maintenu** à intermédiaire-bon, soit au même niveau de qualité que cinq ans plus tôt pour la période de 2010-2012. En effet, pour la période antérieure 2010-2012, la proportion de rivières de qualité bonne ou satisfaisante était de 46 %, soit légèrement inférieure à celle de la période récente 2015-2017 qui est de 50 %. Durant la période 2010-2012, 27 % des rivières avaient une qualité douteuse et 27 % avaient une mauvaise ou très mauvaise qualité de l'eau.

ÉVOLUTION TEMPORELLE DE CHAQUE PARAMÈTRE ENTRE 1979 ET 2017

L'étude des tendances à long terme permet de suivre l'évolution de l'effet des pressions exercées sur les cours d'eau et d'évaluer l'efficacité des mesures d'assainissement mises en œuvre. La tendance dans les concentrations renseigne sur l'évolution de la qualité ambiante d'un cours d'eau, alors que la tendance dans les charges renseigne sur l'évolution des pressions exercées par celui-ci sur le milieu récepteur, soit principalement le fleuve Saint-Laurent. Les plages de variation et les tendances des concentrations et des charges de sept paramètres ont été évaluées pour ces 22 tributaires, pour l'ensemble de la période 1979-2017 et pour les 15 dernières années de cette période (2002-2017; tableaux 2, 3 et 4; figures 3, 4 et 5). La vraisemblance des tendances a été estimée pour l'ensemble de la période (1979-2017;

Tableau 2 Variations et tendances dans les concentrations de sept paramètres physicochimiques et bactériologique

Paramètres	Médianes des moyennes annuelles			Variation médiane 2002-2017		1979-2017					
						Variation médiane		Nombre de sites selon la tendance			Tendance générale
	*1979	2002	2017	Unité	(%)	Unité	(%)	Aucune	Baisse	Hausse	
Phosphore total (mg/L)	0,103	0,050	0,033	-0,011	-23	-0,06	-61	0	22	0	Baisse
Azote total (mg/L)	0,76	0,80	0,86	0,07	8	0,17	20	4	6	12	Hausse
Nitrites-nitrates (mg/L)	0,37	0,50	0,59	0,10	16	0,25	67	1	3	18	Hausse
Azote ammoniacal (mg/L)	0,11	0,07	0,06	-0,01	-26	-0,047	-48	3	18	1	Baisse
Coliformes fécaux (UFC/100 ml)	883	390	351	-161	-39	-723	-70	5	17	0	Baisse
Matières en suspension (mg/L)	20	18	18	0,10	3	-1,70	-10	18	3	1	Aucune
Chlorophylle a totale estivale (µg/L)	8,49	6,85	6,51	-0,25	-8	-1,25	-18	10	11	1	Baisse/Aucune

*La période de début des analyses varie entre 1979 et 1995 selon les paramètres et les stations.

Les variations et tendances dans les concentrations de sept paramètres physicochimiques et bactériologique à l'embouchure de 22 tributaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais sont pour les périodes 1979-2017 et 2002-2017. Une tendance est considérée significative si la vraisemblance du sens de la tendance égale ou excède 90 %[2,8,9,23].

Tableau 3 Variations et tendances dans les charges de sept paramètres physicochimiques et bactériologique

Paramètres	Médiane annuelles			Variation médiane 2002-2017		1979-2017					
						Variation médiane		Nombre de sites selon la tendance			Tendance générale
	*1979	2002	2017	Unité	(%)	Unité	(%)	Aucune	Baisse	Hausse	
Phosphore total (tonne/an)	189,5	133,3	110	-19	-21	-87	-46	4	18	0	Baisse
Azote total (tonne/an)	1209	1474,5	1491	16,5	2	287,5	22	7	5	10	Hausse
Nitrites-nitrates (tonne/an)	696,5	956,5	1102	148	10	373,5	68	4	2	16	Hausse
Azote ammoniacal (tonne/an)	163	119,7	91,2	-24	-22	-74,5	-45	2	19	1	Baisse
Coliformes fécaux (10^7 M_UFC/jour)	5	2,6	1,9	-0,3	-26	-3,55	-66	8	14	0	Baisse
Matières en suspension (10^3 tonne/an)	76,4	65,5	80,6	7,4	10	3,02	7	20	0	2	Aucune
Chlorophylle a totale estivale (tonne/an)	9,2	8,2	8,8	-0,5	-8	-1,25	-12	14	7	1	Aucune

*La période de début des analyses varie entre 1979 et 1995 selon les paramètres et les stations.

Les variations et tendances dans les concentrations de sept paramètres physicochimiques et bactériologique à l'embouchure de 22 tributaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais sont pour les périodes 1979-2017 et 2002-2017. Une tendance est considérée significative si la vraisemblance du sens de la tendance égale ou excède 90 %[2,8,9,23].

tableau 4). La distribution des concentrations moyennes et des charges annuelles est présentée pour les années 1979, 2002 et 2017, afin d'illustrer leur progression (figure 5).

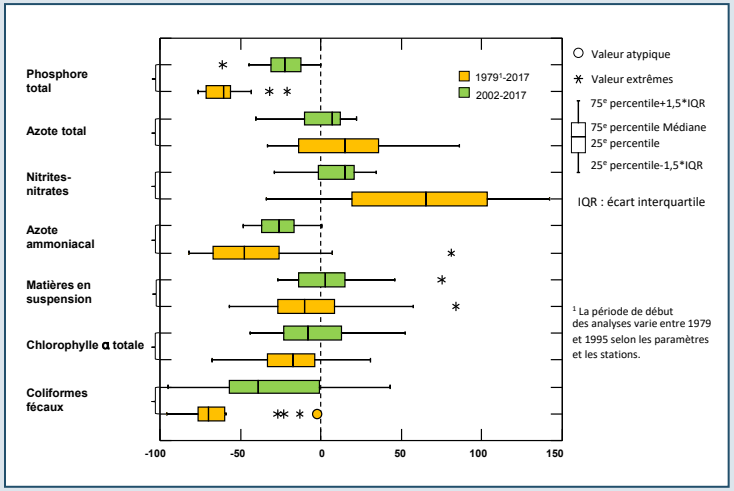
Entre 1979 et 2017, les concentrations et les charges en phosphore total, en azote ammoniacal et en coliformes fécaux ont diminué pour la plupart des rivières. Les concentrations et les charges en azote total ont généralement augmenté ou sont demeurées stables. Elles ont toutefois augmenté dans la majorité des rivières situées sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, alors qu'elles ont diminué dans la moitié des rivières situées sur la rive nord. Les nitrates sont le seul paramètre ayant augmenté pour la grande majorité des rivières, autant pour les concentrations que pour les charges. Finalement, les concentrations et les charges en matières en suspension (MES) et en chlorophylle α totale sont généralement demeurées plus stables. Le sens des variations dans les concentrations et les charges au cours de la période 2002-2017 sont, en général, semblables à celles qui avaient été observées entre 1979 et 2017. Toutefois, selon le paramètre, la baisse ou la hausse est caractérisée par un plus faible pourcentage de variation ou demeure relativement stable.

Phosphore total – Entre 1979 et 2017, toutes les rivières ont connu une baisse de leurs concentrations moyennes annuelles en PTOT et la très grande majorité (82 %) de leurs charges totales annuelles. Les charges de PTOT sont toutefois demeurées semblables entre le début et la fin de la période aux stations des rivières Châteauguay, la Chaloupe, Maskinongé et du Loup. Cette diminution des concentrations est d'environ 60 % et de 47 % pour les charges. Entre 2002 et 2017, celles-ci ont diminué toutes deux d'environ 22 %, connaissant ainsi une diminution plus faible. La médiane des concentrations moyennes annuelles, qui est passée de 0,103 mg P/l en 1979 à 0,050 mg P/l en 2002, puis à 0,033 mg P/l en 2017, illustre cette progression (tableau 2). La médiane des charges annuelles est passée d'environ 190 tonnes/an en 1979 à 133 tonnes/an en 2002, puis à 110 tonnes/an en 2017 (tableau 3).

Azote total – Entre 1981 et 2017, près de la moitié des rivières ont connu une hausse de leurs concentrations (55 %) et de leurs charges annuelles (45 %) en NTOT durant cette période. Une distinction s'observe entre les rivières de la rive nord et de la rive sud du fleuve Saint-Laurent. La plupart des rivières montrent une hausse des concentrations et des charges en NTOT sur la rive sud, tandis que la moitié des rivières montrent une baisse sur la rive nord. L'augmentation des concentrations moyennes annuelles et des charges est d'environ 20 % et de 22 % respectivement.

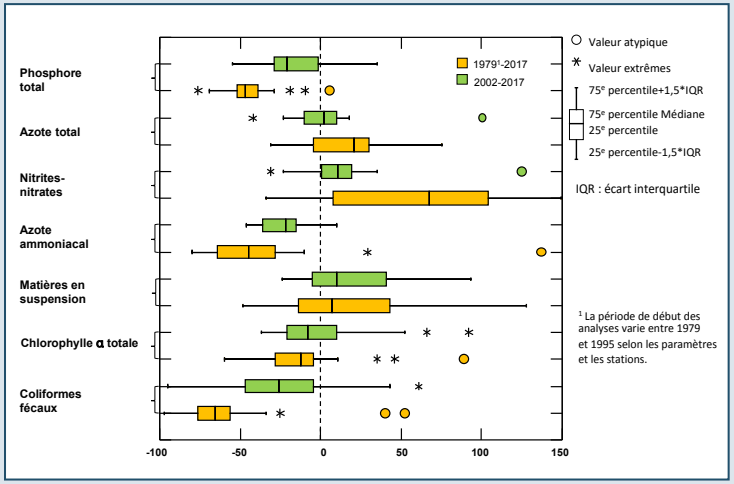
Entre 2002 et 2017, les concentrations et les charges ont augmenté d'environ 8 % et de 2 % respectivement, connaissant ainsi une plus faible augmentation et même une stabilité. La médiane des concentrations moyennes annuelles, qui est passée de 0,76 mg N/l en 1981 à 0,80 mg N/l en 2002, puis à 0,86 mg N/l en 2017, illustre cette progression (tableau 2). La médiane des charges annuelles est passée d'environ 1210 tonnes/an en 1981 à 1475 tonnes/an en 2002, puis à 1491 tonnes/an en 2017 (tableau 3).

Figure 3 Plages des variations (%) dans les concentrations moyennes annuelles



Plage des variations (%) des concentrations moyennes annuelles de sept paramètres physicochimiques et bactériologique, pour les périodes 1979-2017 et 2002-2017, à l'embouchure de 22 tributaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais. Les distributions sont représentées par des boîtes à moustache. Le début des analyses varie entre 1979 et 1995 selon les paramètres et les stations.

Figure 4 Plage des variations (%) dans les charges annuelles



Plage des variations (%) des charges annuelles de sept paramètres physicochimiques et bactériologique, pour les périodes 1979-2017 et 2002-2017, à l'embouchure de 22 tributaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais. Les distributions sont représentées par des boîtes à moustache. Le début des analyses varie entre 1979 et 1995 selon les paramètres et les stations.

Tableau 4 Tendances dans les concentrations et les charges pour la période 1979-2017

COURS D'EAU		Phosphore total		Azote total		Nitrites-nitrates		Azote ammoniacal		Coliformes fécaux		Matières en suspension		Chlorophylle a totale	
		conc.	charge	conc.	charge	conc.	charge	conc.	charge	conc.	charge	conc.	charge	conc.	charge
RIVE SUD															
02300001	BOYER	-76	-76	86	75	150	116	-81	-80	-64	-77	-35	-48	27	46
02330001	ETCHEMIN	-59	-50	34	27	66	66	-42	-62	-23	-34	3	-13	-11	35
02340033	CHAUDIÈRE	-74	-60	-26	-25	13	6	-80	-80	-27	-25	-17	21	-32	-8
02400004	BÉCANCOUR	-58	-43	38	30	77	68	-48	-52	-13	40	-27	-18	-31	-26
03010008	NICOLET	-68	-43	49	42	109	101	-67	-46	-67	-59	57	128	20	89
03010009	NICOLET SUD-OUEST	-71	-52	50	53	136	149	-57	-37	-78	-76	17	26	-18	-4
03020031	SAINT-FRANÇOIS	-71	-69	24	18	97	65	7	29	-59	-57	-57	20	-52	-44
03030023	YAMASKA	-72	-47	10	11	65	68	-62	-64	-75	-64	-23	-15	-32	-25
03040009	RICHELIEU	-43	-39	15	22	55	68	-28	-28	-74	-69	-29	-24	0	-8
03090001	CHÂTEAUGUAY	-21	5	26	23	68	89	-31	-35	-75	-70	-11	-5	31	11
RIVE NORD															
04010002	RIVIÈRE DU NORD	-59	-51	59	50	143	109	81	137	-60	-56	-4	34	-60	-48
04060004	RIVIÈRE DU LIÈVRE	-59	-44	-30	-28	-34	-34	-47	-44	-96	-97	84	105	-4	-4
04080003	GATINEAU	-55	-52	-33	-31	-25	-25	-44	-41	-71	-73	9	1	-2	-6
05010007	SAINT-MAURICE	-60	-52	-1	-2	39	24	-20	-22	-96	-95	-1	0	-16	-15
05030001	BATISCAN	-56	-54	-14	-19	8	4	-62	-64	-84	-76	-19	-10	-17	-16
05080105	JACQUES-CARTIER	-49	-46	13	-2	26	10	-1	-28	-63	-52	-39	-38	-14	-11
05090017	SAINT-CHARLES	-74	-64	-23	-25	-8	-11	-63	-63	-72	-69	-22	-14	-14	-10
05220003	L'ASSOMPTION	-63	-36	36	27	110	106	-6	-27	-76	-67	20	61	-21	-13
05230001	LA CHALOUPE	-32	-10	351	155	478	207	-26	-10	-3	52	29	70	-54	-38
05240001	BAYONNE	-65	-39	26	45	129	155	-77	-73	-68	-56	-10	43	-68	-60
05260003	MASKINONGÉ	-61	-29	-1	21	70	111	-78	-73	-96	-93	-6	47	-33	-28
05280001	RIVIÈRE DU LOUP	-63	-19	-24	-5	49	83	-82	-76	-69	-61	-37	13	-37	-37

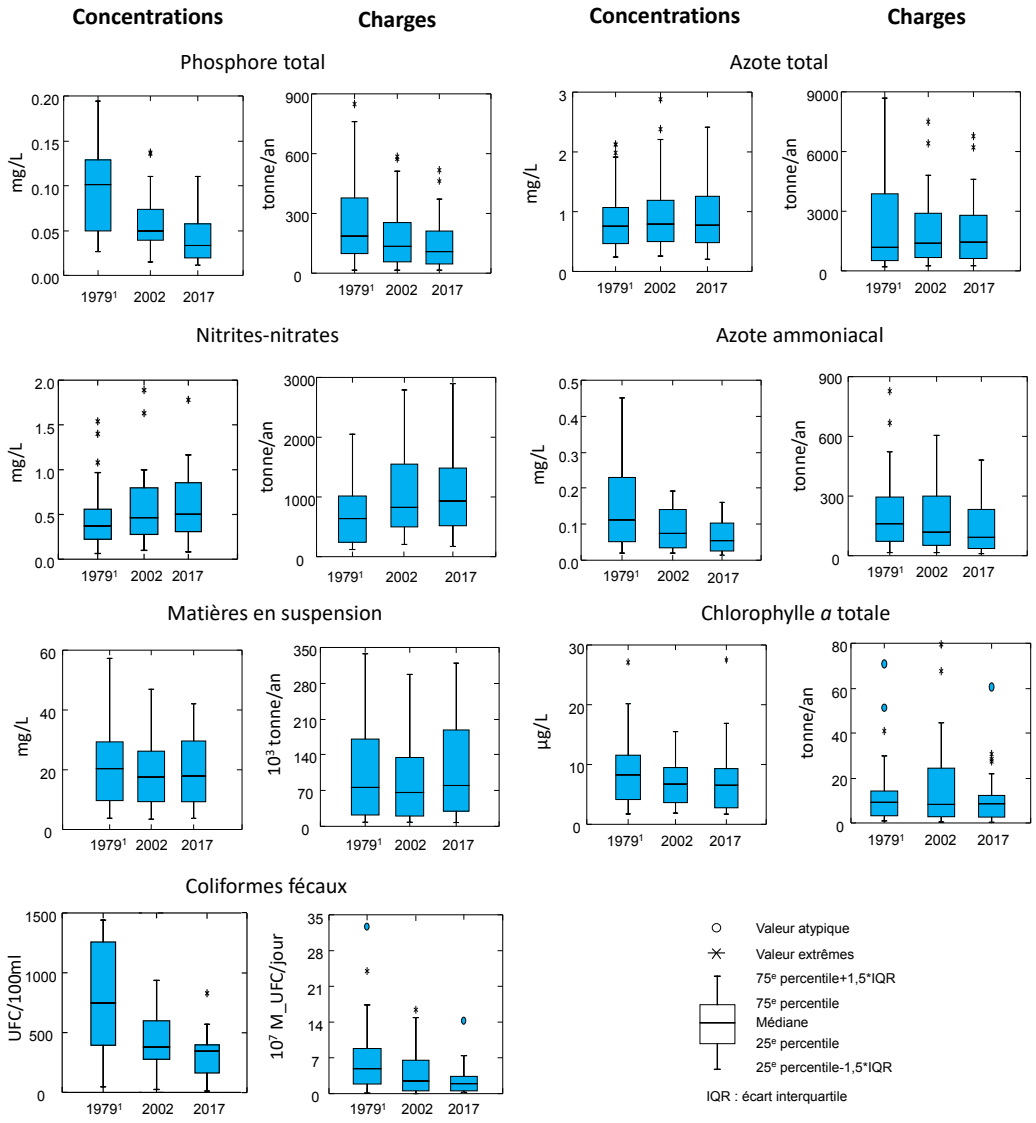
TENDANCE				VRAISEMBLANCE («likelihood»)
Baisse		Hausse		
Hautement vraisemblable		Hautement vraisemblable		≥ 95%
Très vraisemblable		Très vraisemblable		≥ 90% à < 95%
Absence		Absence		< 90%

Tendances observées au cours de la période 1979-2017 dans les concentrations et les charges estimées de sept paramètres physicochimiques et bactériologique mesurés à l'embouchure de 22 tributaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais. Les valeurs inscrites dans les cellules correspondent aux pourcentages de variation entre 1979 et 2017. Le début des analyses varie entre 1979 et 1995 selon les paramètres et les stations. Une tendance est considérée significative si la vraisemblance du sens de la tendance égale ou excède 90%[2,8,9,23].

Nitrates – Entre 1979 et 2017, la très grande majorité des rivières ont connu une hausse de leurs concentrations (82%) et de leurs charges annuelles (73%) en NO_x. Seules les stations des rivières du Lièvre, Gatineau et Saint-Charles ont montré une tendance à la baisse pour les NO_x durant cette période. L'augmentation des concentrations moyennes annuelles et des charges est d'environ 67% et de 68% respectivement. Entre 2002 et 2017, les concentrations ont augmenté d'environ 16% et les charges d'environ 11%, connaissant ainsi une hausse plus faible. La médiane des concentrations moyennes annuelles qui est passée d'environ 0,37 mg N/l en 1979 à 0,50 mg N/l en 2002, puis à 0,59 mg N/l en 2017, illustre cette progression (tableau 2). La médiane des charges annuelles est passée d'environ 697 tonnes/an en 1979 à 957 tonnes/an en 2002, puis à 1102 tonnes/an en 2017 (tableau 3).

Azote ammoniacal – Entre 1981 et 2017, la grande majorité des rivières ont connu une baisse de leurs concentrations moyennes (82%) et de leurs charges annuelles (83%) en NH_3. La diminution est d'environ 48% pour les concentrations et de 45% pour les charges. Seule la station de la rivière du Nord a connu une augmentation de ses concentrations et de ses charges. Entre 2002 et 2017, les concentrations ont diminué d'environ 26% et les charges de 22%, connaissant ainsi une baisse plus faible. La médiane des concentrations moyennes annuelles qui est passée d'environ 0,11 mg N/l en 1981 à 0,07 mg N/l en 2002, puis à 0,06 mg N/l en 2017, illustre cette

Figure 5 Distribution des valeurs annuelles dans les concentrations et les charges



1 : La période de début des analyses varie entre 1979 et 1995 selon les paramètres et les stations.

Distribution des valeurs annuelles de 1979, 2002 et 2017 des concentrations et des charges de sept paramètres physicochimiques et bactériologique mesurés à l'embouchure de 22 tributaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais. Les concentrations en phosphore total, en azote (total, ammoniacal et nitrates) et en matières en suspension sont mesurées en milligrammes par litre (mg/l), en microgramme par litre (µg/l) pour la chlorophylle α totale et en unités formatrices de colonies par 100 millilitres (UFC/100 ml) pour les coliformes fécaux. La charge en coliformes fécaux est calculée en millions d'unités formatrices de colonies par jour (M_UFC/jour) et en tonne par année (tonne/an) pour les autres paramètres.

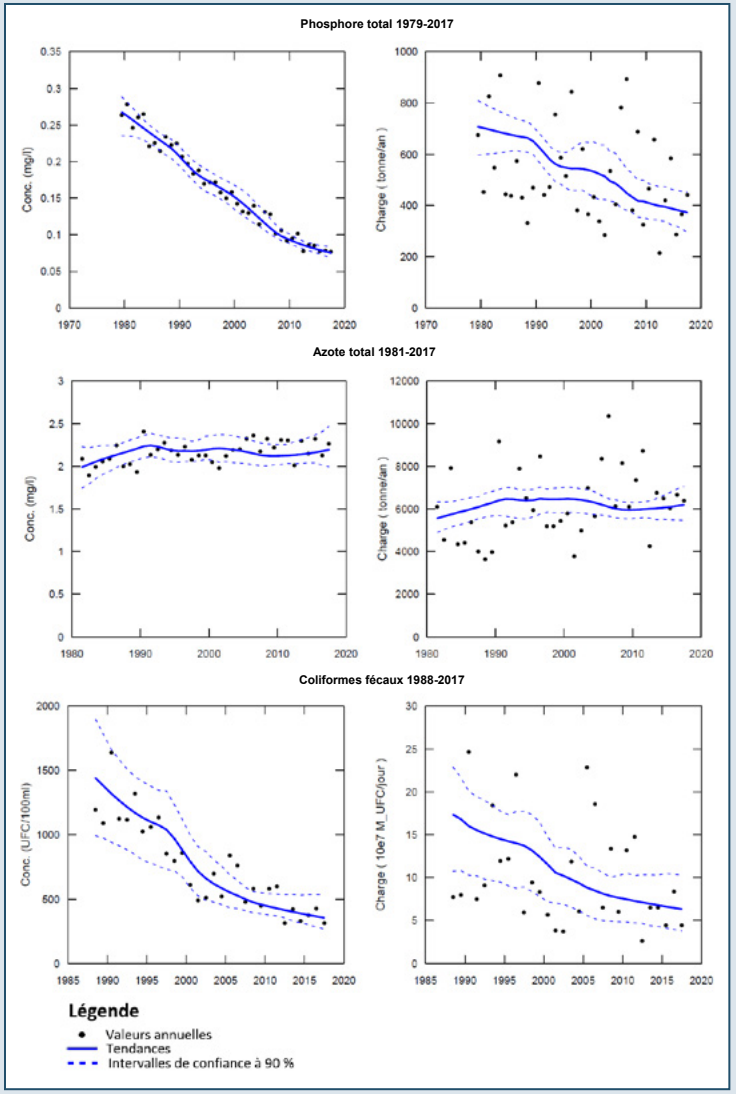
progression (tableau 2). La médiane des charges annuelles est passée d'environ 163 tonnes/an en 1981 à 120 tonnes/an en 2002, puis à 91 tonnes/an en 2017 (tableau 3).

Coliformes fécaux – Entre 1988 et 2017, la grande majorité des rivières ont connu une baisse de leurs concentrations moyennes annuelles (77 %) et de leurs charges journalières (82 %) en CF. Aucune rivière n'a connu de tendance à la hausse. La diminution est d'environ 70 % pour les concentrations moyennes annuelles et de 66 % pour les charges journalières. Entre 2002 et 2017, les concentrations ont diminué d'environ 39 % et les charges journalières de 26 %, connaissant ainsi une baisse plus faible. La médiane des concentrations moyennes annuelles, qui est passée d'environ 883 UFC/100 ml en 1988 à 390 UFC/100 ml en 2002, puis à 351 UFC/100 ml en 2017, illustre cette progression (tableau 2). La médiane des charges journalières est passée d'environ 5 10^7-M_UFC/jour en 1988 à 2,6 10^7-M_UFC/jour en 2002, puis à 1,9 10^7-M_UFC/jour en 2017 (tableau 3).

Matières en suspension – Entre 1989 et 2017, les concentrations moyennes et les charges annuelles en MES sont demeurées relativement stables dans la très grande majorité des rivières (82 % et 91 % respectivement). Malgré l'absence de tendance générale, une faible diminution des concentrations moyennes annuelles d'environ 10 % est observée, ainsi qu'une faible augmentation des charges d'environ 7 %. Les hausses concernent les concentrations de MES de la rivière du Lièvre, ainsi que les charges des rivières du Nord et la Chaloupe. Entre 2002 et 2017, les concentrations ont augmenté d'environ 3 % et les charges de 10 %. Une certaine stabilité a donc perduré dans les 15 dernières années. La médiane des concentrations moyennes annuelles qui est passée d'environ 20 mg/l en 1989 à 18 mg/l en 2002, et demeurée à 18 mg/l en 2017, illustre cette stabilité (tableau 2). La médiane des charges annuelles est passée d'environ 7610^3-tonnes/an en 1989 à 6610^3-tonnes/an en 2002, puis à 81 10^3-tonnes/an en 2017 (tableau 3).

Chlorophylle a totale – Entre 1995 et 2017, la moitié des rivières ont connu une baisse de leurs concentrations moyennes annuelles en CHLOA, alors que celles de l'autre moitié sont demeurées stables. Les charges annuelles sont elles aussi demeurées majoritairement stables (64 %). La diminution est d'environ 18 % pour les concentrations moyennes annuelles et d'environ 12 % pour les charges. Entre 2002 et 2017, les concentrations et les charges ont diminué d'environ 8 %, connaissant ainsi une faible diminution et même une relative stabilité. La médiane des concentrations moyennes annuelles, qui est passée d'environ 8,5 µg/l en 1995 à 6,9 µg/l en 2002, puis à 6,5 µg/l en 2017, illustre cette diminution (tableau 2). La médiane des charges moyennes annuelles est passée d'environ 9,2 tonnes/an en 1995 à 8,2 tonnes/an en 2002, puis à 8,8 tonnes/an en 2017 (tableau 3).

Figure 6 Tendance des concentrations et des charges à la station de l'embouchure de la rivière Yamaska à Yamaska (1979-2017)



Évolution des concentrations moyennes et des charges annuelles de phosphore total, d'azote total et de coliformes fécaux à l'embouchure de la rivière Yamaska à Yamaska (station 03030023) au cours de la période 1979-2017. Les séries chronologiques ont débuté en 1979 pour le phosphore, en 1981 pour l'azote et en 1988 pour les coliformes fécaux. Les concentrations de phosphore total et d'azote total sont mesurées en milligrammes par litre (mg/l), alors que les concentrations de coliformes fécaux sont exprimées en unités formatrices de colonies par 100 millilitres (UFC/100 ml). Les charges de phosphore total et d'azote total sont calculées en tonne par année (tonne/an), alors que la charge de coliformes fécaux est exprimée en millions d'unités formatrices de colonies par jour (M_UFC/jour).

EXEMPLES TYPES: LES RIVIÈRES YAMASKA ET SAINT-CHARLES

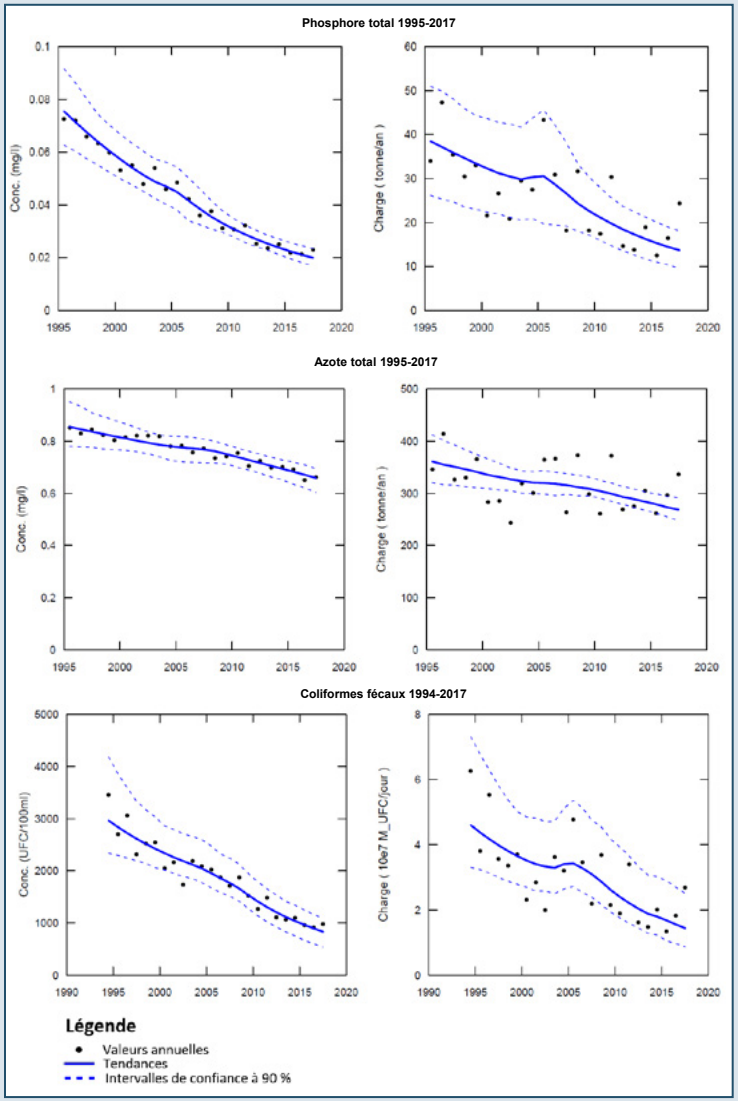
Un patron général ressort des tendances observées entre 1979 et 2017, soit globalement une diminution du phosphore total, de l'azote ammoniacal et des coliformes fécaux, une augmentation (ou une stabilité) de l'azote total et des nitrates, puis une stabilité des MES et de la chlorophylle α totale. Les rivières Maskinongé, L'Assomption, Richelieu, Yamaska et Nicolet Sud-Ouest sont les plus représentatives de ce patron (tableau 4). À titre d'exemple, la figure 6 illustre les tendances de la rivière Yamaska, observées pour le PTOT, le NTOT et les CF. Entre 1979 et 2017, les concentrations moyennes annuelles de PTOT sont passées de 0,270 à 0,070 mg P/l (-72%), alors que les charges sont passées d'environ 707 à 372 tonnes/an (-47%). Les concentrations moyennes annuelles de NTOT sont passées de 2,00 à 2,20 mg N/l (+10%), alors que les charges sont passées d'environ 5560 à 6195 tonnes/an (+11%). Finalement, les concentrations moyennes annuelles de CF sont passées de 1440 à 355 UFC/100ml (-75%), alors que les charges moyennes journalières sont passées d'environ 17 à 6 10^7-M_UFC par jour (-64%).

Certaines rivières ont connu des tendances à la baisse pour la plupart des paramètres entre 1979 et 2017, notamment les rivières Saint-Charles, Gatineau, du Lièvre et Batiscan (tableau 4). Les MES et la CHLOA y sont le plus souvent demeurées stables. À titre d'exemple, la figure 7 illustre les tendances observées à l'embouchure de la rivière Saint-Charles pour le PTOT, le NTOT et les CF. Entre 1994 et 2017, les concentrations moyennes annuelles de phosphore total sont passées d'environ 0,080 à 0,020 mg P/l (-74%), alors que les charges sont passées d'environ 39 à 14 tonnes par année (-64%). Les concentrations moyennes annuelles de NTOT sont passées d'environ 0,85 à 0,66 mg N/l (-23%), alors que les charges sont passées d'environ 361 à 269 tonnes par années (-26%). Finalement, les concentrations moyennes annuelles de CF sont passées de 2964 à 831 UFC/100 ml (-72%), alors que les charges journalières sont passées d'environ 4,6 à 1,44 10^7-M_UFC par jour (-69%). Une augmentation momentanée des charges annuelles de PTOT et de CF vers 2005 est à remarquer, malgré une tendance générale à la baisse entre 1994 et 2017.

À l'inverse, les rivières du Nord et la Chaloupe montrent plusieurs augmentations, notamment celle de l'azote total, liée à la hausse des nitrates, ainsi que les charges de MES (tableau 4).

Les résultats des tendances, entre 1979 et 2017, sont disponibles dans l'*Atlas de l'eau* du MELCC, incluant ces 22 tributaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais: http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas[25].

Figure 7 Tendance des concentrations et des charges à la station à l'embouchure de la rivière Saint-Charles à Québec (1994-2017)



Évolution des concentrations moyennes et des charges annuelles de phosphore total, d'azote total et de coliformes fécaux à l'embouchure de la rivière Saint-Charles à Québec (station 05090017) au cours de la période 1994-2017. Les séries chronologiques ont débuté en 1995 pour le phosphore et l'azote et en 1988 pour les coliformes fécaux. Les concentrations en phosphore total et en azote total sont mesurées en milligrammes par litre (mg/l), alors que les concentrations en coliformes fécaux sont exprimées en unités formatrices de colonies par 100 millilitres (UFC/100 ml). Les charges en phosphore total et en azote total sont calculées en tonne par année (tonne/an), alors que la charge de coliformes fécaux est exprimée en millions d'unités formatrices de colonies par jour (M_UFC/jour).

PRESSIONS

L'analyse des données historiques du Réseau-rivières a permis de caractériser et de suivre l'évolution de la qualité de l'eau des rivières québécoises[16,19,20,21,22]. L'analyse des résultats récents de la période 2015-2017 de l'$IQBP_6$, et des dépassements des critères et valeurs repères, permet d'évaluer le degré d'atténuation des pressions exercées par les activités humaines. Elle traduit également le lien étroit entre la qualité de l'eau et l'occupation du territoire des bassins versants (tableau 1; figure 8).

Malgré les tendances à l'amélioration observées pour la vaste majorité des rivières, le portrait récent 2015-2017 montre que la qualité de l'eau est toujours problématique pour plusieurs d'entre elles. En effet, six rivières (27 %) sont de qualité mauvaise et très mauvaise, soit les rivières Yamaska, la Chaloupe, Châteauguay, Bayonne, Boyer et L'Assomption. Elles montrent de fréquents dépassements, surtout pour le phosphore total (moyenne de 94 % des échantillons), la turbidité (moyenne de 94 % des échantillons) et l'azote total (moyenne de 66 % des échantillons). Ces dépassements limitent les usages et nuisent à la faune et la flore aquatiques. Ils témoignent également de l'influence des apports liés à l'occupation du territoire de leur bassin versant. En effet, généralement, plus la proportion de territoire agricole est élevée dans le bassin versant, plus la qualité de l'eau est mauvaise (la valeur d'$IQBP_6$ diminue; $R^2 = 0{,}53$; $p < 0{,}01$). C'est le cas surtout pour les superficies de cultures annuelles, à grand

FORCES

- Urbanisation
- Eaux usées (municipales, résidentielles)
- Activités industrielles
- Activités agricoles[9,16]

IMPACTS

- Contamination possible des sources d'eau potables
- Problèmes d'approvisionnement en eau pour des activités agricoles et industrielles
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[18,24]
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[18,24]
- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)[18,24]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[18,24]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[18,24]

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r. 35)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (LAU) (RLRQ, c. A-19.1)
- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) (RLRQ, c. Q-2, a. 22)

RÉPONSES (SUITE)

- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)
  - *Règlement sur les attestations d'assainissement en milieu industriel* (R.Q. c. Q-2, r.5)
  - *Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau* (R.Q c. Q-2, r. 14)
  - *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles* (R.Q. c. Q-2, r.19)
  - *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* (R.Q. c. Q-2, r. 22)[33]
  - *Règlement sur les exploitations agricoles* (R.Q c. Q-2, r. 26) (REA), 2002[31]
  - *Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers* (R.Q. c. Q-2, r.27)
  - *Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées* (R.Q. c. Q-2, r. 34.1)[32]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF)[27]
- Programme d'assainissement des eaux du Québec, 1978

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de la production et mise en œuvre des Plans directeurs de l'eau
- Financement de la production des Plans régionaux des milieux humides et hydriques
- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)
- Financement de la production des Plans intégrés de protection et de conservation des sources d'alimentation en eau potable à l'échelle régionale
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert[29,30]
- Programmes d'aide financière consacrés aux infrastructures municipales
  - Fonds pour l'infrastructure municipale d'eau (FIMEAU)
  - Programme d'infrastructures municipales d'eau (PRIMEAU)

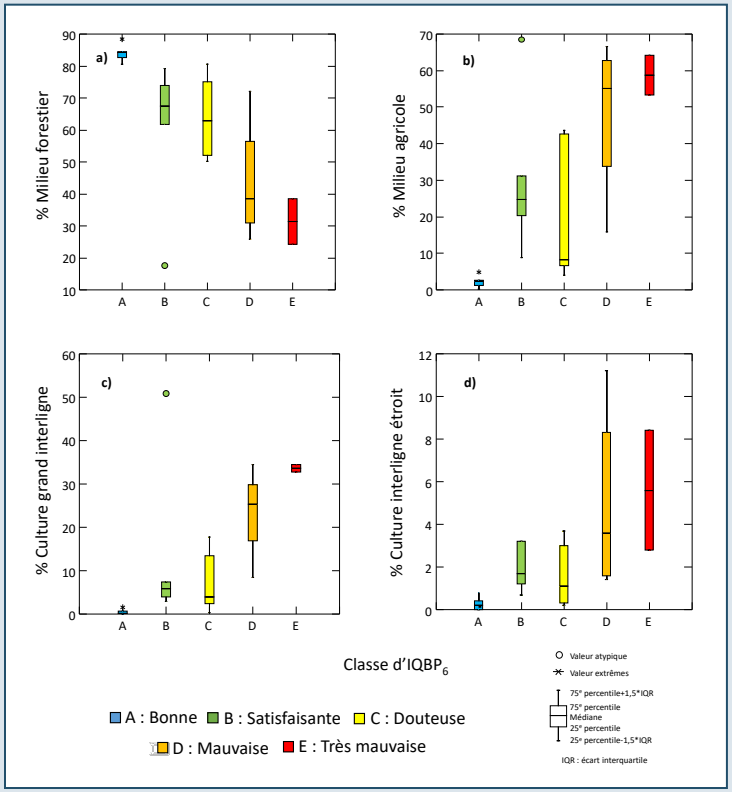
AUTRES

- Développement et mise à jour d'atlas
- Rapports et publications de sensibilisation
- Réseaux de suivi

interligne (maïs, soja et légumes; R^2 = 0,46; p < 0,01) et à interligne étroit (céréales; R^2 = 0,35; p < 0,01). Des superficies importantes en cultures annuelles font l'objet d'épandages de fertilisants azotés et phosphatés, dont les déjections animales liquides, sans enfouissement, sur des sols à nu. Elles subissent également un travail de sol annuel qui laisse les parcelles à nu à l'automne, ce qui les rend vulnérables au ruissellement de surface, à l'érosion des sols[10,17], donc aux pertes de nutriments et de MES. Les bassins versants de ces rivières dégradées sont situés principalement dans les basses-terres du Saint-Laurent et sont occupés à 52 % en moyenne par le milieu agricole (16 % à 67 %), dont à 27 % en moyenne par des cultures à grand interligne (9 % à 35 %). Les pressions des activités agricoles affectent donc principalement le tronçon fluvial du fleuve Saint-Laurent et le lac Saint-Pierre, où se déversent les eaux des rivières les plus dégradées. À l'inverse, les stations de qualité bonne-satisfaisante correspondent à des bassins versants dont le territoire agricole est peu important (moyenne de 17 %), donc occupés surtout par un couvert forestier (moyenne de 72 %).

Les pourcentages de dépassements des critères et valeurs repères permettent d'évaluer le degré de pollution résiduelle pour chaque paramètre. Le pourcentage moyen de dépassement de la valeur repère de 1,0 mg N/l de l'azote total (29 %) témoigne de l'effet des activités humaines sur le territoire. Les dépassements moyens moins fréquents (7 %) du critère des nitrates (3 mg N/l) suggèrent que les concentrations en nitrates ne sont généralement pas encore problématiques, malgré une augmentation importante des concentrations et des charges ces 40 dernières années (variation médiane de 67 % et 68 % respectivement). Elles sont toutefois problématiques dans certaines rivières, telles que les rivières la Chaloupe et Boyer, pour lesquelles les concentrations moyennes annuelles dépassent le critère. Les concentrations actuelles d'azote total et de nitrates s'expliquent principalement par la proportion des superficies totales cultivées des bassins versants[5,7]. La tendance à la hausse des 40 dernières années s'explique notamment par l'augmentation de l'utilisation d'engrais chimiques azotés, surtout de 1979 à 2002, en lien avec l'augmentation des superficies des cultures annuelles[28]. Dans certains bassins versants, d'autres facteurs, comme le traitement des eaux usées municipales, des lieux d'enfouissement techniques et des abattoirs, pourraient aussi avoir contribué aux tendances observées pour les différentes formes d'azote. Les faibles pourcentages de dépassements des critères de qualité de l'azote ammoniacal, ainsi que la réduction importante des concentrations en NH_3 ces 40 dernières années, sont la résultante du contrôle des sources agricoles, municipales et industrielles. Au niveau agricole, l'entreposage des déjections animales dans des ouvrages étanches, et de capacité suffisante, a permis leur épandage durant les périodes des cultures[28]. Durant cette période, le NH_3 n'atteint pas ou ne persiste pas dans les cours d'eau, étant plutôt volatilisé, absorbé sur les sols, transformé en nitrates ou absorbé par les plantes[1,4].

Figure 8 Utilisation du sol dans le bassin versant des 22 tributaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais en fonction des classes d'$IQBP_6$



Proportion de milieux forestiers (a), de milieux agricoles (b), de cultures à grand interligne (c) et de cultures à interligne étroit (d) observée dans le bassin versant des 22 tributaires du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais, répartis dans les classes de l'$IQBP_6$. Il est à noter que l'utilisation du sol[14] est déterminée uniquement pour la portion située au Québec. Seules les variables ayant une relation significative ($p \leq 0{,}01$) avec les valeurs d'$IQBP_6$ sont présentées.

Avec un pourcentage moyen de dépassements de 47 %, les concentrations de phosphore total demeurent problématiques pour plusieurs cours d'eau, malgré une diminution importante des concentrations et des charges ces 40 dernières années (variation médiane de -61 % et -47 % respectivement). Les concentrations actuelles en phosphore total des rivières québécoises sont liées principalement à la proportion de cultures annuelles des bassins versants[5,7]. Toutefois, l'amélioration de la gestion des engrais organiques (entreposage, épandage) et l'encadrement de la fertilisation phosphatée ont contribué à une réduction importante des concentrations en phosphore durant les 40 dernières années[28]. Dans les bassins peu occupés par l'agriculture, les tendances à la baisse des 40 dernières années traduisent bien les effets du traitement des eaux usées municipales et industrielles qui constituaient les principales sources de phosphore, de MES et de matière organique[4,20,28]. Les dépassements de la valeur repère de turbidité et des MES sont, au départ, attribuables à la texture fine des sols de certains bassins versants dont une partie importante de territoire repose sur les basses-terres du Saint-Laurent. Ils sont liés de près à l'érosion des sols qui est accentuée par l'occupation agricole du territoire, notamment la proportion de cultures annuelles. Les concentrations en MES demeurent problématiques pour plusieurs cours d'eau. Les concentrations élevées de chlorophylle α totale, qui témoignent de la productivité primaire dans la colonne d'eau, sont aussi mesurées principalement dans les cours d'eau à vocation agricole et qui présentent des concentrations élevées d'éléments nutritifs.

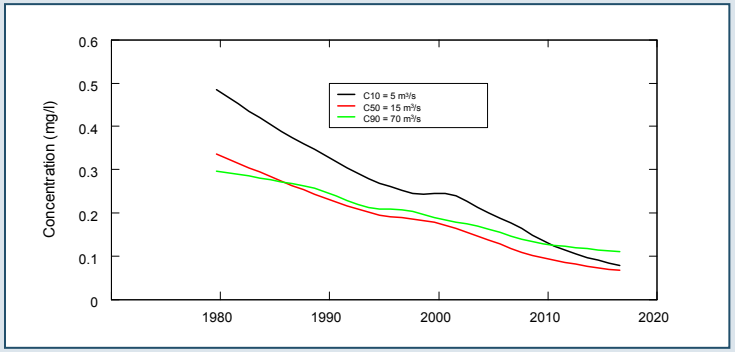
Finalement, la meilleure qualité bactériologique de l'ensemble des stations se reflète dans les faibles pourcentages de dépassements du critère de 1000 UFC/100 ml, qui correspond au degré minimal de salubrité ciblé pour tous les cours d'eau. Elle souligne à nouveau les effets du traitement des eaux usées municipales et de la meilleure gestion des fumiers. Cependant, le critère de 200 UFC/100ml est encore fréquemment dépassé à plusieurs stations, ce qui limite la récupération d'une qualité d'eau permettant les activités récréatives de contact direct, ainsi que les usages agricoles comme l'irrigation et l'abreuvement, qui requièrent une eau de meilleure qualité.

L'ensemble des pressions induites par le milieu agricole sur la qualité de l'eau peut être consulté dans la fiche Physicochimie et bactériologie des cours d'eau en milieu agricole.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les interventions d'assainissement urbain effectuées au cours des 40 dernières années ont été basées sur certaines hypothèses, notamment celle de la stationnarité du régime hydrologique des cours d'eau. Le débit d'étiage de récurrence de deux ans calculé sur une plage de sept jours consécutifs (Q2, 7) constitue la valeur statistique de référence utilisée dans les calculs visant à déterminer la capacité de dilution des cours d'eau[15]. La capacité de dilution du milieu récepteur définit la charge de contaminant pouvant être rejetée par l'ouvrage d'assainissement des eaux usées, ce qui guide par la suite le choix du type de traitement. Or, les prédictions hydrologiques fournies dans

Figure 9 Concentrations estivales de phosphore total de la rivière Yamaska au cours de la période 1979-2017



Évolution des concentrations estivales de phosphore total de la rivière Yamaska au cours de la période 1979-2017, estimées pour trois débits spécifiques: C10, C50 et C90. Les concentrations les plus élevées ont longtemps été observées en période d'étiage estival lorsque la rivière présente une faible capacité de dilution. Depuis 2010, les concentrations les plus élevées sont mesurées lorsque les débits sont les plus élevés.

l'*Atlas hydroclimatique*[24] indiquent des modifications du régime hydrique en raison des changements climatiques allant dans le sens d'une diminution des débits d'étiage estivaux des cours d'eau et d'une augmentation des débits d'étiage hivernaux. Ces modifications du régime hydrologique, notamment la diminution des débits d'étiage estivaux, pourraient entraîner une réduction de la capacité de dilution, donc des dépassements plus fréquents des critères de qualité de l'eau qui visent la protection de la vie aquatique et la pratique des usages.

L'augmentation de la fréquence, de l'intensité ou de la durée des précipitations pourrait également contribuer à la détérioration de la qualité de l'eau, en augmentant les apports de source diffuse liés au ruissellement de surface des eaux pluviales ou liés aux débordements des ouvrages de surverse des réseaux d'égouts municipaux[18]. Ces changements climatiques peuvent avoir également pour conséquence d'amplifier les problèmes actuels de qualité de l'eau, notamment de plusieurs cours d'eau à vocation agricole qui sont déjà touchés par des apports importants de source diffuse. L'augmentation probable de la fréquence et de l'intensité des précipitations estivales risque d'accroître les apports des contaminants de sources diffuses liées à l'érosion, au ruissellement de surface et au drainage des sols agricoles. En ce sens, les valeurs d'$IQBP_6$ et les dépassements des critères de qualité enregistrés pour ces cours d'eau indiquent déjà une détérioration de la qualité de l'eau, à laquelle contribuent les périodes de pluies importantes et les périodes d'étiage sévère (figure 9).

Des mesures d'adaptation sont présentement à l'étude pour tenir compte des modifications des débits au moment de l'évaluation des rejets d'eaux usées. D'autres mesures devraient être envisagées afin de diminuer la vulnérabilité des cours d'eau à vocation agricole, qui sont parmi les plus susceptibles d'être influencés par les changements climatiques. Ce sont en particulier les superficies cultivées des bassins versants, notamment celles qui sont occupées par les cultures annuelles, qui devraient faire l'objet d'une attention particulière puisqu'elles demeurent principalement responsables des apports diffus de MES, d'éléments nutritifs[7] et de pesticides vers les eaux de surface.

POUR EN SAVOIR PLUS...

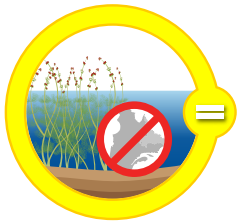
- *Atlas hydroclimatique du Québec méridional*[24] http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/CruesPrintanieres/Q1max2P.htm
- Atlas de l'eau[25] http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas
- Critères de qualité de l'eau de surface[26] http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau
- Plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF)[27] http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/
- Portrait global de la qualité de l'eau des principales rivières du Québec[28] http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/global-2004/Influence2004.htm#assainissement_eaux
- Programme d'aide à l'amélioration de la gestion des fumiers (PAAGF)[29] http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/.
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA)[30] http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/.
- Règlement sur les exploitations agricoles (REA)[31] http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2026
- Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées[32] http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/ouvrages-municipaux/reglement2013.htm
- Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées[33] http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/residences_isolees/reglement.htm

RÉFÉRENCES

1. **CHAPMAN, D.** (ed.) (1996). *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring*, 2e éd., [En ligne], https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41850/0419216006_eng.pdf;jsessionid=5352B3F191D41F65A3F8DDDF21F577C7?sequence=1.
2. **CHOQUETTE, A. F., R. M. HIRCH, J. C. MURPHY, L. T. JOHNSON ET R. B. CONFESOR JR.** (2019). « Tracking changes in nutrient delivery to western Lake Erie: Approaches to compensate for variability and trends in streamflow ». *Journal of Great Lakes Research*, vol. 45, p. 21-39.
3. **CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT** (2008). *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada*, [En ligne], https://www.ccme.ca/files/Resources/fr_ceqg/ssd/rqec_pn_1041.pdf.
4. **DUBROVSKY, N. M., ET COLLAB.** (2010). *The Quality of Our Nation's Waters – Nutrients in the Nation's Streams and Groundwater*, 19922004. U.S. Geological Survey Circular 1350, 174 p. (Pour de plus amples renseignements au sujet de cette étude: http://water.usgs.gov/nawqa/nutrients/pubs/circ1350)
5. **GANGBAZO, G., J. ROY ET A. LE PAGE** (2005). *Capacité de support des activités agricoles par les rivières: le cas du phosphore*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques en milieu terrestre, Envirodoq nº ENV/2005/0096, 28 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/capacite-phosphore.pdf.
6. **HÉBERT, S.** (1997). *Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec*. Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq nº EN/970102, 20 p. + 4 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/Eau/eco_aqua/rivieres/indice/IQBP.pdf.
7. **HÉBERT, S., ET D. BLAIS** (2017). *Territoire et qualité de l'eau: développement de modèles prédictifs*. Direction générale du suivi de l'état de l'environnement et Direction de l'expertise en biodiversité, ISBN 978-2-550-77770-0 (PDF), 30 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/Rapport_Qualite_Territoire.pdf.
8. **HIRSCH, R. M., D. L. MOYER ET S. A. ARCHFIELD** (2010). « Weighted Regressions on Time, Discharge, and Season (WRTDS), with an Application to Chesapeake Bay River Inputs ». *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 46, nº 5, p. 857-880, [En ligne], http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1752-1688.2010.00482.x/pdf.
9. **HIRSCH, R. M., S. A. ARCHFIELD ET L. A. DE CICCO** (2015). « A Bootstrap Method for Estimating Uncertainty of Water Quality Trends ». *Environmental Modelling and Software*, vol. 73, p. 148-166, [En ligne], http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815215300220.
10. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT** (2003). *Synthèse des informations environnementales disponibles en matière agricole au Québec*. Direction des politiques du secteur agricole, ministère de l'Environnement, Québec, Envirodoq nº ENV/2003/0025, 143 p.
11. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MELCC) (2019). *Banque de données sur la qualité du milieu aquatique* (BQMA), Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement.
12. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE** (2019). *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec: fondements des critères de qualité pour chaque usage de l'eau*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/fondements.htm
13. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE** (2019). *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec: règles générales d'utilisation des critères de qualité de l'eau*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/generales.htm
14. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2016). *Cartographie de l'utilisation du territoire du Québec: données de SIG [ArcMap, ESRI Canada]*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Gouvernement du Québec, Québec.
15. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS** (2007). *Document synthèse sur le calcul et l'interprétation des objectifs environnementaux de rejet*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN-978-2-550-53911-7 (PDF), 10 p. et 1 annexe, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/oer/synthese_calcul_oer.pdf.
16. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS** (2012). *Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec 1999-2008*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/portrait/eaux-surface1999-2008/Portrait_Quebec1999-2008.pdf.
17. **NOLET, J., P. NOLET, L. ROY, R. DROLET ET S. VILLENEUVE** (1998). *Rapport sur l'état du Saint-Laurent: la contribution des activités agricoles à la détérioration du Saint-Laurent*. Équipe conjointe bilan, composée de représentants d'Environnement Canada, de Pêches et Océans Canada et du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Sainte-Foy, rapport technique, ISBN: 0-662-82758-9, 187 p. et 4 annexes.
18. **OURANOS** (2010). *Savoir s'adapter aux changements climatiques*, rédaction: C. DesJarlais, M. Allard, A. Blondlot, A. Bourque, D. Chaumont, P. Gosselin, D. Houle, C. Larrivée, N. Lease, R. Roy, J.-P. Savard, R. Turcotte et C. Villeneuve, Montréal, 128 p.
19. **PAINCHAUD, J.** (1997). *La qualité de l'eau des rivières du Québec: état et tendances*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec, 58 p.
20. **PATOINE, M.** (2017). *Charges de phosphore, d'azote et de matières en suspension à l'embouchure des rivières du Québec, 2009 à 2012*. Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-77490-7 (PDF), 25 p. et 11 annexes, [En ligne], http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/phosphore/charge-phosphore-azote-mes2009-2012.pdf.

RÉFÉRENCES (SUITE)

21. **SIMONEAU, M.** (2017). *Qualité de l'eau des tributaires du lac Saint-Pierre : évolution temporelle 1979-2014 et portrait récent 2012-2014*, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-76229-4 (PDF), 54 p. + 13 ann., [En ligne], http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/lac-st-pierre/qualite-eau-tributaires.pdf.
22. **SIMONEAU, M.** (2019). Qualité de l'eau des tributaires de la baie Missisquoi : évolution temporelle 1999-2017 et portrait récent 2015-2017. Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-83942-2(PDF) 92 p. + 12 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/missisquoi/evolution1999-2017-portrait2015-2017/rapport.pdf.
23. **VAUGHAN, M.C.H.** (2019). Concentration, load, and trend estimates for nutrients, chloride, and total suspended solids in Lake Champlain tributaries, 1990-2017. Lake Champlain Basin Program Technical Report nº 86, [En ligne], http://lcbp.org/techreportPDF/86_LC_Tributary_Loading_Report.pdf.
24. *Atlas hydroclimatique du Québec méridional*, [En ligne], http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/CruesPrintanieres/Q1max2P.htm.
25. *Atlas de l'eau*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas.
26. **CRITÈRES DE QUALITÉ DE L'EAU DE SURFACE**, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau.
27. **PLAN AGROENVIRONNEMENTAL DE FERTILISATION** (PAEF), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/.
28. **PORTRAIT GLOBAL DE LA QUALITÉ DE L'EAU DES PRINCIPALES RIVIÈRES DU QUÉBEC,** [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/global-2004/Influence2004.htm#assainissement_eaux.
29. **PROGRAMME D'AIDE À L'AMÉLIORATION DE LA GESTION DES FUMIERS** (PAAGF), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/.
30. **PROGRAMME D'AIDE À L'INVESTISSEMENT EN AGROENVIRONNEMENT** (PAIA), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/.
31. **RÈGLEMENT SUR LES EXPLOITATIONS AGRICOLES** (REA), [En ligne], http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2026.
32. **RÈGLEMENT SUR LES OUVRAGES MUNICIPAUX D'ASSAINISSEMENT DES EAUX USÉES,** [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/ouvrages-municipaux/reglement2013.htm.
33. **RÈGLEMENT SUR L'ÉVACUATION ET LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES DES RÉSIDENCES ISOLÉES,** [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/residences_isolees/reglement.htm.



Plantes aquatiques exotiques envahissantes

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

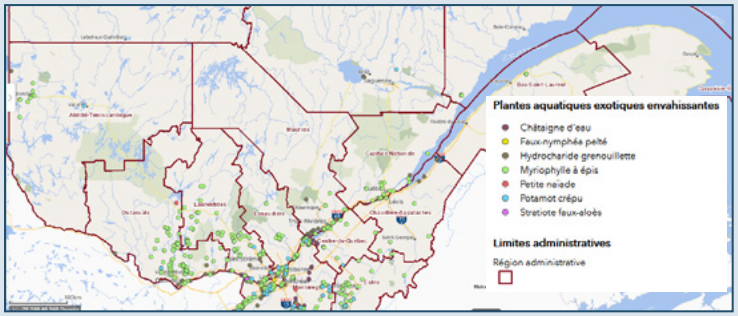
Selon les données disponibles à la Direction de la protection des espèces et des milieux naturels (DPEMN), sept PAEE sont maintenant présentes en milieu naturel au Québec: la châtaigne d'eau (*Trapa natans*), le faux-nymphéa pelté (*Nymphoides peltata*), l'hydrocharide grenouillette (*Hydrocharis morsus-ranae*), le myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*), la petite naïade (*Najas minor*), le potamot crépu (*Potamageton crispus*) et le stratiote faux-aloès (*Stratiotes aloides*). En raison de sa capacité à produire rapidement une énorme biomasse, ce qui intercepte la quasi-totalité du rayonnement solaire et consomme beaucoup d'oxygène lors de sa décomposition[9,11], la châtaigne d'eau est probablement la PAEE qui représente le plus grand risque pour la biodiversité et la santé des plans d'eau peu profonds du sud du Québec. Toutefois, c'est le myriophylle à épis qui est la PAEE ayant la plus vaste répartition au Québec: en 2020, sa présence est confirmée dans 161 lacs et 20 cours d'eau.

Découverte pour la première fois en 1998 dans la rivière du Sud (Henryville), la châtaigne d'eau fait l'objet, depuis 2001, d'un programme de lutte piloté par les autorités provinciales[11,18]. Introduite via le lac Champlain, elle a d'abord été confinée à la Montérégie (rivières du Sud, Richelieu, aux Brochets et baie Missisquoi), puis s'est installée ensuite en Outaouais (rivière des Outaouais et lac des Deux Montagnes). Un premier signalement a été fait dans la rivière Saint-François en 2015, et la présence de plusieurs petites colonies a été confirmée en 2019 entre Saint-Bonaventure et le lac Saint-Pierre. Dans la rivière Yamaska, un premier signalement a été fait en 2017, et la présence de plusieurs colonies,

DESCRIPTION

L'introduction et la propagation de plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) sont des enjeux de plus en plus préoccupants pour la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. En plus de représenter des nuisances écologiques, les PAEE peuvent interférer avec la pratique de la pêche récréative et d'activités nautiques, de même qu'affecter négativement la valeur des propriétés riveraines, comme le montre le cas du myriophylle à épis. Ainsi, le nombre de PAEE présentes au Québec et leur répartition actuelle connue ont été sélectionnés pour constituer des indicateurs de l'état des écosystèmes aquatiques. Un historique de l'introduction et de la propagation de chaque PAEE est présenté sommairement, de même que les plus récents résultats des activités de détection.

Figure 1 Répartition des plantes aquatiques exotiques envahissantes au Québec en 2020



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Carte des occurrences connues de PAEE au Québec. Les données proviennent de diverses sources, à la fois historiques et récentes (janvier 2020).

Rédigée par: **Direction de la protection des espèces et des milieux naturels**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

parfois grandes, a été confirmée en 2019 entre Saint-Damase et le lac Saint-Pierre. La plus récente observation a eu lieu à l'automne 2019, dans l'étang du Village (Sainte-Marcelline-de-Kildare), au sein du bassin versant de la rivière L'Assomption.

Le myriophylle à épis est présent dans la plupart des régions administratives du Québec, et il est bien installé dans de nombreux secteurs du Saint-Laurent, notamment ses lacs fluviaux[2,10,11]. D'ailleurs, la plus ancienne mention remonte à 1958 dans le lac Saint-Pierre et, jusqu'à la fin des années 1960, il était essentiellement confiné au fleuve. À partir des années 1970, le myriophylle à épis est observé dans quelques lacs de l'Outaouais, des Laurentides et de l'Estrie, régions où il demeure le plus abondant jusqu'à ce jour. La propagation s'est accélérée pendant la décennie 1990-2000. L'espèce est observée en Abitibi dès 2001, et au Bas-Saint-Laurent et en Côte-Nord depuis 2016. En 2017, une première compilation des plans d'eau touchés par le myriophylle à épis a été réalisée par le ministère. Elle dénombrait 110 plans d'eau affectés comparativement aux 181 recensés en janvier 2020. L'augmentation importante observée en seulement deux ans s'explique principalement par une vigilance citoyenne accrue (meilleure détection) et par l'intégration d'un plus grand nombre de jeux de données en 2020.

Le stratiote faux-aloès a été détecté au Québec pour la première fois en 2018 dans la baie de Carillon (lac des Deux Montagnes). En 2019, des travaux de détection ont confirmé la présence de quelques petites colonies dans un secteur de la baie. En Amérique du Nord, la seule autre occurrence en milieu naturel, qui est connue depuis 2008, se situe dans la voie navigable Trent-Severn en Ontario[20]. Bien que l'espèce soit très peu documentée en Amérique du Nord, la sévérité et la rapidité de l'envahissement observé en Ontario suggèrent que cette espèce représente une véritable menace à la biodiversité des plans d'eau du sud-ouest du Québec.

L'hydrocharide grenouillette fut introduite à Ottawa en 1932[4,11]. Elle s'est ensuite rapidement installée dans la rivière des Outaouais, atteignant Montréal au début des années 1950. De là, elle s'est propagée dans le fleuve Saint-Laurent: l'espèce est observée à Québec en 1974, à Saint-Roch-des-Aulnaies en 2001, puis à Cap-Tourmente en 2014. Dans la rivière Richelieu, une première observation a été faite en 1982, à Henryville, près de la frontière américaine. Au lac Saint-Jean, l'espèce a été détectée en 2019.

Le potamogeton crépu a d'abord été détecté dans la rivière Richelieu, en 1932[3]. Présent dans les Grands Lacs, il s'est installé dans le fleuve Saint-Laurent, du lac Ontario jusqu'au lac Saint-Pierre. On le trouve aussi dans la rivière des Outaouais, dans la rivière Saint-François,

Tableau 1 Année de la plus ancienne mention de naturalisation des plantes aquatiques exotiques envahissantes pour le Québec

Nom français	Nom latin	Année de la plus ancienne mention de naturalisation pour le Québec							
		Avant 1950	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Châtaigne d'eau	Trapa natans						1998		
Faux-nymphéa pelté	Nymphoides peltata		1950						
Hydrocharide grenouillette	Hydrocharis morsus-ranae		1952						
Myriophylle à épis	Myriophyllum spicatum		1958						
Petite naïade	Najas minor							2005	
Potamot crépu	Potamogeton crispus	1932							
Stratiote faux-aloès	Stratiotes aloides								2018
Nombre de plantes aquatiques exotiques envahissantes naturalisées		1	3	0	0	0	1	1	1

Historique des plus anciennes mentions de naturalisation de PAEE pour le Québec. Au cours des trois dernières décennies, une nouvelle PAEE par décennie s'est ajoutée[13,16].

de même que dans quelques lacs de l'Estrie, de l'Outaouais et des Laurentides. En 1992, le potamot crépu est observé à Val-d'Or, puis à Saint-David-de-Falardeau au Saguenay en 2018, ce qui constitue les mentions les plus nordiques de tout l'est de l'Amérique du Nord.

Au Québec, la présence des deux dernières PAEE, le faux-nymphéa pelté et la petite naïade, est très peu documentée. Leur arrivée semble plutôt récente, comme en témoigne le très petit nombre de signalements en milieu naturel qui a été fait pour chacune d'elles jusqu'à présent[5,14]. Bien qu'il existe des indices que ces deux espèces puissent être nuisibles à la biodiversité en Amérique du Nord, il n'est pas possible, sur la base des informations disponibles actuellement, de conclure une telle chose en contexte québécois. Cependant, en 2019, de grandes colonies de petite naïade ont été observées dans la portion méridionale du réservoir Baskatong (baie Philomène), au nord-ouest de Mont-Laurier.

PRESSIONS

Les vecteurs *d'introduction* des PAEE sont principalement d'origine anthropique. Ils concernent (1) le transfert d'embarcations contenant des propagules de PAEE d'un plan d'eau à un autre, (2) le relâchement en nature de plantes utilisées dans les aquariums et les jardins d'eau, et (3) les vidanges de ballast des navires commerciaux dans le Saint-Laurent. Toutefois, lorsqu'une PAEE est introduite dans un plan d'eau, des vecteurs naturels tels que le réseau hydrographique et la faune locale lui permettent souvent de se propager ailleurs dans le bassin versant. Les activités nautiques et la pêche récréative, lorsqu'elles favorisent le sectionnement des PAEE, sont aussi des vecteurs *de propagation* au sein d'un plan d'eau[15].

Le transfert d'embarcations contenant des propagules de PAEE d'un plan d'eau à un autre est un vecteur d'introduction très important, surtout pour les PAEE ayant la capacité de se reproduire par multiplication végétative, soit toutes les PAEE présentes au Québec, à l'exception de la châtaigne d'eau. Les tiges qui s'enroulent dans les hélices des moteurs à bateau, ou celles qui restent accrochées aux embarcations et à leur remorque, peuvent survivre aux transferts de plans d'eau. Et plus court est le temps de transfert, meilleur est le taux de survie. Au Québec, le myriophylle à épis est la PAEE qui a le plus bénéficié de ce vecteur d'introduction. Il profite ensuite du sectionnement des tiges causé par les hélices et les rames pour se propager (vecteur de propagation) plus rapidement au sein d'un plan d'eau. Rappelons cependant que le myriophylle à épis se fragmente aussi de façon naturelle à partir de la mi-juillet[1,19].

FORCES

- Pêche récréative ou de subsistance[11,15]
- Infrastructures de transport
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[11,15]
- Navigation commerciale sur le Saint-Laurent
- Autre (précisez): Jardins d'eau et aquariophilie[11,15]

IMPACTS

- Perte ou limitation d'activité commerciale de villégiature[7,17]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)[9,11,12]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[14]
- Autre (précisez):
- Modification de la biodiversité et du fonctionnement des écosystèmes[9,11,12]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- L'allongement de la saison de croissance augmente le risque d'invasion par des espèces végétales exotiques envahissantes en général[6].

Le relâchement en nature de plantes utilisées dans les aquariums et les jardins d'eau est un autre vecteur d'introduction important. Plusieurs des PAEE présentes au Québec sont vendues dans des jardineries et des boutiques d'aquariophilie, et leur disponibilité est sans doute plus grande encore en ligne. L'hydrocharide grenouillette et le faux-nymphéa pelté, qui sont des plantes aquatiques *flottantes*, ont été introduits comme plantes ornementales de jardins d'eau. Par ailleurs, il est probable que certaines des populations de châtaigne d'eau à l'extérieur de la Montérégie, ainsi que la population de stratiote faux-aloès de la baie de Carillon, soient également issues du relâchement de plantes utilisées dans des jardins d'eau. Enfin, il est possible que l'introduction, en Amérique du Nord, des plantes aquatiques *submergées* que sont le myriophylle à épis, le potamot crépu et la petite naïade soit reliée à leur utilisation comme plantes d'aquarium, même si aucune preuve formelle n'existe à cet effet. L'espèce la plus à risque de s'ajouter à cette liste, le cabomba de Caroline (*Cabomba caroliniana*), est utilisée en aquariophilie[21].

Le dernier des vecteurs d'introduction de PAEE, la vidange des eaux de lest de navires, est probablement le moins important des trois. Tout d'abord, parce que ce vecteur est moins favorable pour les plantes que pour les animaux. Ensuite, parce que cela ne concerne que les voies navigables. Toutefois, il n'est pas exclu que ce vecteur soit à l'origine de l'introduction en Amérique du Nord des trois PAEE submergées identifiées plus haut. Heureusement, la réglementation en vigueur concernant les eaux de ballast diminue sensiblement le risque de nouvelles introductions.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Le risque d'invasion par des espèces végétales exotiques envahissantes en général, et par des PAEE en particulier, augmentera au Québec avec les changements climatiques, car l'allongement de la saison de croissance rend disponibles de nouveaux territoires, en plus de favoriser la production de propagules[6,8]. Par ailleurs, des espèces naturalisées, mais non envahissantes, pourraient devenir envahissantes à la faveur du réchauffement du climat.

Plusieurs PAEE actuellement présentes dans les Grands Lacs, ou présentes dans des plans d'eau des provinces et des États voisins, sont susceptibles d'atteindre le Québec au cours du xix^{e} siècle : le cabomba de Caroline, l'élodée dense (*Egeria densa*), l'hydrille verticillé (*Hydrilla verticillata*) et le myriophylle aquatique (*Myriophyllum aquaticum*). La progression vers le nord de ces espèces est limitée par le climat froid, mais, selon l'ampleur du réchauffement en cours, le sud du Québec pourrait éventuellement devenir propice à leur établissement.

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Entente sur les ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

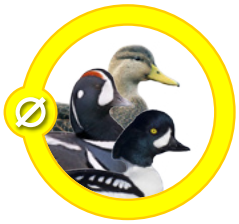
- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)
- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
- Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

AUTRES

- Accompagnement des MRC et municipalités
- Campagnes d'éradication d'espèces exotiques envahissantes
- Développement et mise à jour de la cartographie
- Rapports et publications de sensibilisation

RÉFÉRENCES

1. **AIKEN, S.G., P.R. NEWROTH ET I. WILE** (1979). « Biology of Canadian weeds. 34. *Myriophyllum spicatum* L. », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 59, p. 201-215
2. **AUGER, ISABELLE** (2006). *Évaluation du risque de l'introduction du myriophylle à épis sur l'offre de pêche et la biodiversité des eaux à touladi. Revue de la littérature.* Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la Faune, Québec, 88 p.
3. **CATLING, P.M., ET I. DOBSON** (1985). « Biology of Canadian weeds. 69. *Potamogeton crispus* L. », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 659, p. 655-668.
4. **CATLING, P.M., G. MITROW, E. HABER, U. POSLUSZNY ET W.A. CHARLTON** (2003). « The biology of Canadian weeds. 124. *Hydrocharis morsus-ranae* L. », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 83, p. 1001-1016.
5. **DARBYSHIRE, STEPHEN J., ET ARDATH FRANCIS** (2008). « Biology of invasive alien plants in Canada. 10. *Nymphoides peltata* (S. G. Gmel.) Kuntze », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 88, p. 811-829.
6. **DE BLOIS, SYLVIE, LAURA BOISVERT-MARSH, RETO SCHMUCKI, CHRISTINE-ANNA LOVAT, CHAEHO BYUN, PAOLA GOMEZ-GARCIA, RAFAEL OTFINOWSKI, ÉLISABETH GROENEVELD ET CLAUDE LAVOIE** (2013). *Outils pour évaluer les risques d'invasion biologique dans un contexte de changements climatiques.* Université McGill. Montréal (Québec), 80 p. et 6 annexes.
7. **GOODENBERGER, JAMES S., ET H. ALLEN KLAIBER** (2016). « Evading invasives: how Eurasian watermilfoil affects the development of lake properties », *Ecological Economics*, vol. 127, p. 173-184.
8. **HATTON, E.C., J.D. BUCKLEY, S.A. FERA, S. HENRY, L.M. HUNT, D.A.R. DRAKE & T.B. JOHNSON** (2019). « Current and potential aquatic invasive species in Ontario and the Great Lakes region: A compilation of ecological information », Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry, Science and Research Branch, Peterborough, ON. Science and Research Information Report IR-16, 23 p. + annexes.
9. **HUMMEL, MEREDITH, ET ERIK KIVIAT** (2004). « Review of world literature on water chestnut with implications for management in North America », *Journal of Aquatic Plant Management*, vol. 42, p. 17-28.
10. **JACOB-RACINE, ROMY, ET CLAUDE LAVOIE** (2018). « Reconstitution historique de l'invasion du Québec par le myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*) », *Le Naturaliste canadien*, vol. 142, nº 3, p. 40-46.
11. **LAVOIE, CLAUDE** (2019). *50 plantes envahissantes: protéger la nature et l'agriculture.* Les Publications du Québec, 415 p.
12. **LAVOIE, CLAUDE, GENEVIÈVE GUAY ET FLORENT JOERIN** (2014). « Une liste des plantes vasculaires exotiques nuisibles du Québec: nouvelle approche pour la sélection des espèces et l'aide à la décision », *Écoscience*, vol. 21, nº 2, p. 1-24.
13. **LAVOIE, CLAUDE, ANNIE SAINT-LOUIS, GENEVIÈVE GUAY ET ÉLISABETH GROENEVELD** (2012). « Les plantes vasculaires exotiques naturalisées: une nouvelle liste pour le Québec », *Le Naturaliste canadien*, vol. 136, nº 3, p. 6-32.
14. **LÉVEILLÉ-BOURRET, ÉTIENNE, MARIE-ÈVE GARON-LABRECQUE ET ELEANOR R. THOMPSON** (2017). « Le statut de la naïade grêle (*Najas gracillima*, Najadaceae) au Québec », *Le Naturaliste canadien*, vol. 141, nº 1, p. 6-14.
15. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2017). *De bons conseils pour éviter d'introduire et de propager des espèces exotiques envahissantes*, Québec, 10 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/eviter-propagation-eee.pdf.
16. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019) « Sentinelle. Outil de détection des espèces exotiques envahissantes », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Québec, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/sentinelle.htm (page consultée le 9 décembre 2019).
17. **OLDEN, JULIAN D., ET MARIANA TAMAYO** (2014). « Incentivizing the public to support invasive species management: Eurasian milfoil reduces lakefront property values », *PloS One*, vol. 9, nº 10, e110458.
18. **SIMARD, ANNIE, BERTRAND DUMAS ET PIERRE BILODEAU** (2009). « Avancement du programme d'éradication de la châtaigne d'eau (*Trapa natans* L.) au Québec », *Le Naturaliste canadien*, vol. 133, nº 2, p. 8-14.
19. **SMITH, CRAIG S., ET J.W. BARKO** (1990). « Ecology of Eurasian watermilfoil », *Journal of Aquatic Plant Management*, vol. 28, p. 55-64.
20. **SNYDER, ERIC, ARDATH FRANCIS ET STEPHEN J. DARBYSHIRE** (2016). « Biology of invasive alien plants in Canada. 13. *Stratiotes aloides* L. », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 96, p. 225-242.
21. **WILSON, CLAIRE E., STEPHEN J. DARBYSHIRE ET ROSITA JONES** (2007). « Biology of invasive alien plants in Canada. 7. *Cabomba caroliniana* A. Gray », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 87, p. 615-638.



Population de sauvagine

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Ne s'applique pas; données historiques insuffisantes.

Les données historiques et actuelles sont insuffisantes et trop incertaines pour définir des tendances temporelles exactes pour deux des trois espèces abordées dans cette fiche.

CANARD NOIR

(INTERMÉDIAIRE-BON, TENDANCE À LA BAISSE)

Le canard noir est considéré comme abondant au Québec (figure 1). Cette espèce se retrouve dans tout le Québec, bien que l'on trouve plus de la moitié des effectifs dans les forêts boréales mixtes et coniférienne[1].

Au Québec, les récents inventaires héliportés (figure 2) indiquent que la tendance des effectifs est en baisse depuis l'an 2000[9], tout comme ailleurs dans le nord-est du continent. En effet, les effectifs de 2019 [729 000 individus] sont en baisse de 16 % par rapport à la moyenne 1998-2018[6]. L'estimation des effectifs globaux de 2019 serait au-dessus de l'objectif du plan nord-américain de gestion de la sauvagine établi à 628 000 individus[8], mais cet objectif ne comprend pas l'ensemble des données d'inventaire et sera révisé sous peu. Enfin, une tendance (1970-2003) à la baisse pour les effectifs de canards noirs a été observée en hiver[1].

GARROT D'ISLANDE

(POPULATION DE L'EST) (INTERMÉDIAIRE-MAUVAIS)

La population de l'Est de garrot d'Islande compte environ 8 200 individus, qui se concentrent principalement sur le territoire québécois en période de nidification et d'hivernage (figure 3)[7].

DESCRIPTION

La sauvagine représente l'ensemble des oiseaux sauvages des zones aquatiques. Cette fiche fait état des populations de trois espèces de sauvagine présentes au Québec : le canard noir, le garrot d'Islande et l'arlequin plongeur. L'état de ces populations est tiré principalement du document *État des populations de sauvagine du Québec, 2009*[1] (préparé par le Service canadien de la faune) et de l'*Atlas des oiseaux nicheurs*[9] (préparé par le regroupement QuébecOiseaux, le Service canadien de la faune et Études d'oiseaux Canada).

Ces trois espèces ont été sélectionnées en raison de la grande proportion d'individus nicheurs ou migrateurs présents au Québec par rapport au reste de l'Amérique du Nord[1] et parce qu'elles ont été toutes identifiées dans le cadre du « Plan de conservation de la sauvagine du Québec, 2011[2] » comme des espèces à priorité de conservation élevée ou moyenne dans plusieurs régions du Québec.

Rédigée par: **Direction de la gestion intégrée de l'eau**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
Révisée par: **Service canadien de la faune**
Environnement et Changements climatiques Canada

En nidification, on trouve l'espèce principalement dans les hauteurs de la Côte-Nord, du Saguenay et de Charlevoix[10]. Pendant la période d'hivernage, les individus s'alimentent au-dessus des larges estrans de la rive nord du Saint-Laurent ainsi qu'à quelques endroits dans le golfe. La population de l'Est, qui a connu un déclin au cours du XIXe siècle, semble mieux se porter selon les plus récents inventaires des aires d'hivernage, lesquels indiquent une hausse d'effectifs de 30 % entre 2014 et 2017[7].

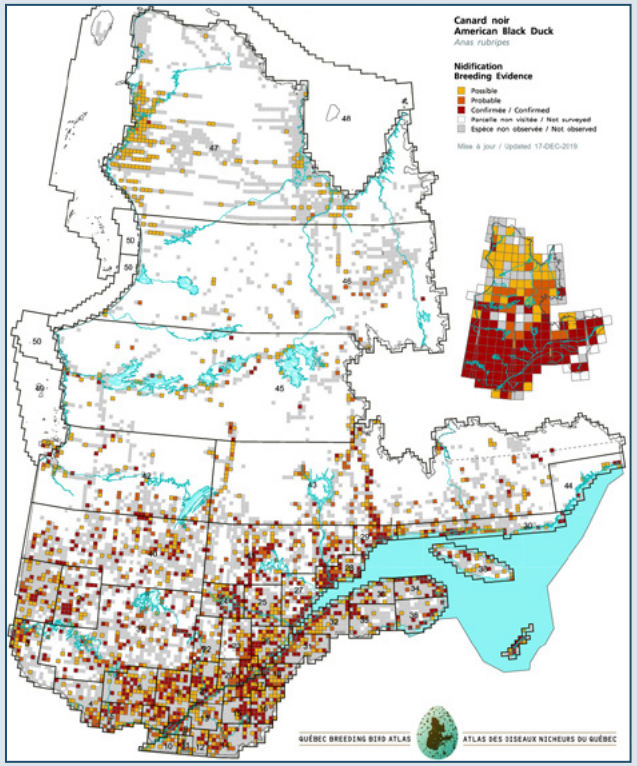
La population est considérée comme vulnérable au Québec selon NatureServe[3] et préoccupante sur l'ensemble de son aire de répartition selon le COSEPAC[4].

ARLEQUIN PLONGEUR

(POPULATION DE L'EST) (INTERMÉDIAIRE)

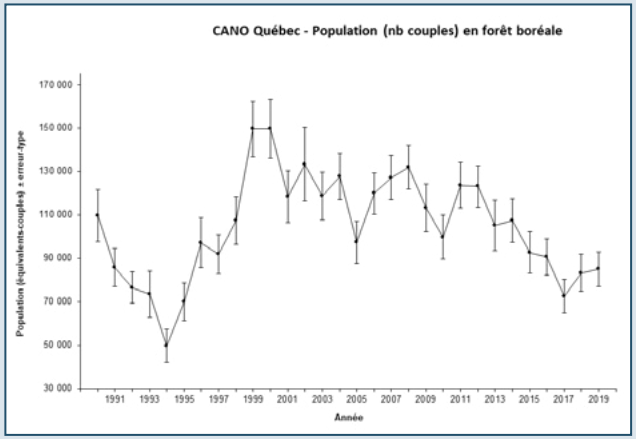
La population de l'Est de l'arlequin plongeur est estimée à 8 500-8 700 individus[5]. Une grande part de ces oiseaux seraient présents sur le territoire québécois lors de la période de reproduction (figure 4). Il est difficile d'établir une tendance pour l'espèce au Québec, mais l'augmentation observée d'individus hivernant sur la côte Est pourrait indiquer une hausse des effectifs au Québec[1,5].

Figure 1 Carte de répartition du canard noir au Québec



Répartition du canard noir par parcelles de 10 × 10 km au Québec selon le deuxième *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec* (2019)[9].

Figure 2 Populations de canard noir au Québec en forêt boréale selon des données d'hélicoptère



Graphique des données d'hélicoptère pour le canard noir au Québec en forêt boréale (1990-2019) (Atlas des oiseaux nicheurs, 2019)[9].

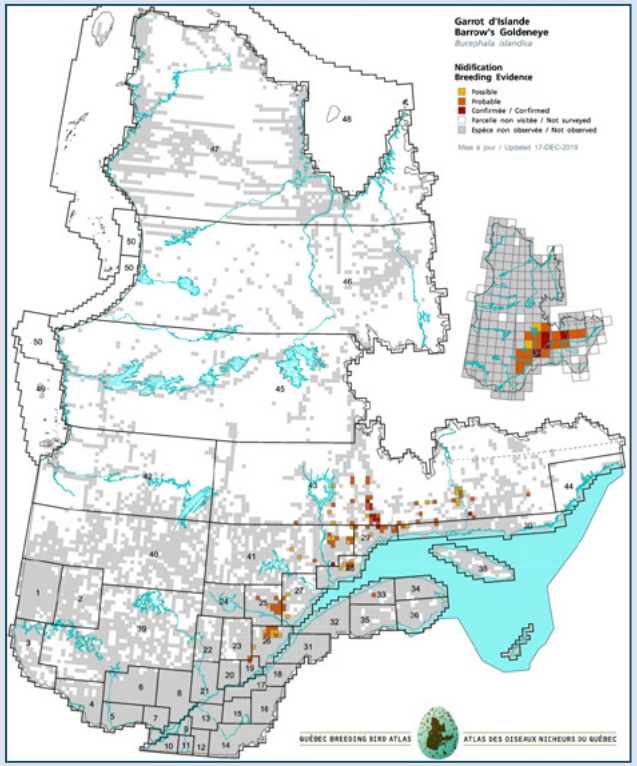
On le trouve, durant la période de reproduction, en bordure de rivières en Gaspésie, sur la Côte-Nord et dans les bassins versants de la baie d'Hudson et de la baie d'Ungava. En Gaspésie, on estime qu'il y a une dizaine de couples nicheurs, tout comme le long des rivières de la Côte-Nord. Trop peu d'inventaires ont été effectués dans les bassins versants de la baie d'Hudson et de la baie d'Ungava pour estimer le nombre de couples nicheurs[1].

PRESSIONS

CANARD NOIR

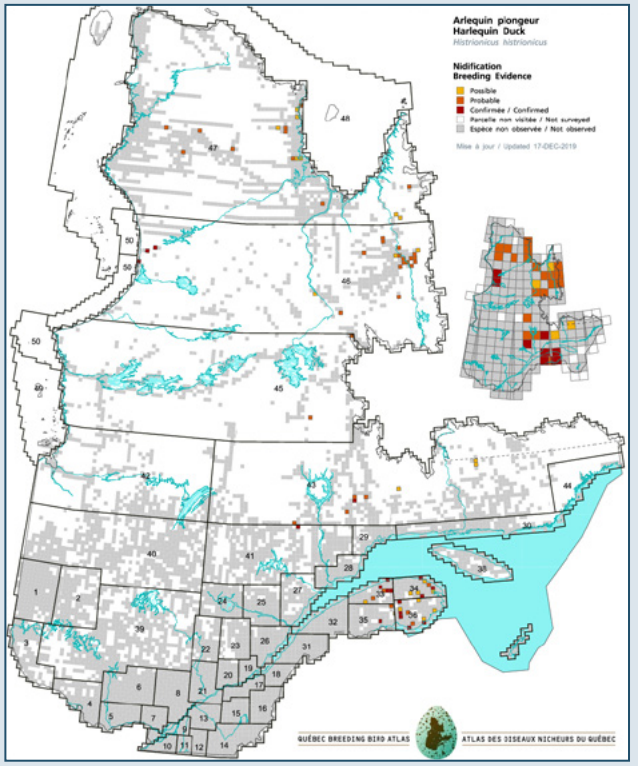
Dans les basses-terres du Saint-Laurent, le changement de paysage vers des cultures agricoles plus intensives, comme les céréales, le soya ou le maïs, semble ne plus convenir à l'élevage des canetons, faute de milieux humides, et semble de plus favoriser une espèce compétitrice au canard noir, soit le canard colvert[9]. On peut également citer l'exploitation des tourbières, l'endiguement, le drainage des terres, la coupe des haies brise-vent et la réduction des boisés qui limitent la reproduction du canard noir dans la vallée du Saint-Laurent[1]. La dégradation et la perte incessante de petits milieux humides demeurent un problème de taille dans les régions à forte densité humaine[9]. Il est possible que la chasse sportive représente toujours une menace à la population de canards noirs de la vallée du Saint-Laurent, alors que cela ne semble pas être le cas en territoire plus forestier[1].

Figure 3 Carte de répartition du garrot d'Islande au Québec



Répartition du garrot d'Islande par parcelles de 10 × 10 km au Québec selon le deuxième *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec* (2019)[10].

Figure 4 Carte de répartition de l'arlequin plongeur au Québec



Répartition de l'arlequin plongeur par parcelles de 10 × 10 km au Québec selon le deuxième *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec* (2019)[11].

Dans le Bas-Saint-Laurent, l'exploitation des tourbières est également considérée comme une menace aux espaces de nidification de l'espèce. Les modifications de l'habitat engendrées par les coupes forestières, les aménagements hydroélectriques et l'exploitation minière sont quant à elles les principales menaces pour les populations plus au nord[1].

GARROT D'ISLANDE

Les garrots d'Islande sont particulièrement vulnérables à de possibles déversements d'hydrocarbures sur leurs sites d'hivernage dans l'estuaire du Saint-Laurent étant donné qu'ils se concentrent à quelques sites seulement. Un tel évènement pourrait entraîner la mort d'une bonne part des garrots d'Islande de l'est de l'Amérique du Nord[4].

Les activités forestières représentent quant à elles la principale menace aux sites de nidification de l'espèce, les garrots d'Islande étant dépendants de cavités naturelles dans de très gros arbres vivants ou morts pour y pondre ses œufs. La réduction de la disponibilité de ces arbres et de ces chicots est la principale conséquence de la récolte forestière sur l'espèce. Effectivement, les pratiques forestières entraînent une réduction du nombre de gros arbres à grosses cavités[4]. Notons également l'accès aux lacs pour les pêcheurs et les chasseurs qui serait accentué par les activités de récolte du bois, ce qui augmenterait le dérangement du garrot d'Islande durant sa période de nidification dans certains secteurs auparavant inaccessibles par voie terrestre[4,10].

FORCES

- Chasse[1]
- Pêche récréative ou de subsistance[1]
- Activités industrielles[1]
- Activités forestières[1]
- Activités agricoles[1]
- Gestion des barrages[1]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[1]

IMPACTS

- Perte ou limitation d'activités commerciales de villégiature
- Problèmes d'exploitation des barrages
- Perturbation des activités forestières[1]
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (QUÉBEC)

- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur les activités de chasse* (RLRQ, c. C-61.1, r. 1)
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)
  - *Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (REFMVH) (RLRQ, c. E-12.01, r. 2)

LOIS ET RÈGLEMENTS (CANADA)

- *Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs* (L.C. 1994, ch. 22)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (QUÉBEC)

- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces

SOUTIEN FINANCIER (QUÉBEC)

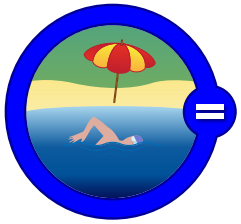
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert
- Programme de restauration et de création de milieux humides et hydriques (PRCMHH)

ARLEQUIN PLONGEUR

Historiquement, la chasse a été une pression pour l'espèce dans l'est du continent nord-américain. Une fois la chasse de cette espèce interdite sur ce territoire, les principales pressions sont maintenant le développement hydroélectrique (par le changement du régime hydrique), le braconnage, l'aquaculture, les pêcheries et les activités récréatives en zone côtière ainsi que près des rivières où niche l'espèce[5]. Toutes ces activités contribuent au dérangement de l'espèce et à la perte de son habitat.

RÉFÉRENCES

1. **LEPAGE, C., ET D. BORDAGE (SOUS LA DIRECTION DE)** (2013). État des populations de sauvagine du Québec, 2009. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, Série de rapports techniques no 525, 250 p.
2. **LEPAGE, C., D. BORDAGE, D. DAUPHIN, F. BOLDUC ET B. AUDET** (2015). *Plan de conservation de la sauvagine du Québec, 2011.* Série de rapports techniques no 532, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Québec, 248 p.
3. **NATURE SERVE.**
4. **ENVIRONNEMENT CANADA** (2013). *Plan de gestion du Garrot d'Islande (Bucephala islandica), population de l'Est, au Canada.* Série de Plans de gestion de la *Loi sur les espèces en péril*, Environnement Canada, Ottawa, 22 p.
5. **COSEPAC** (2013). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur l'Arlequin plongeur (Histrionicus histrionicus) population de l'Est au Canada.* Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, 53 p.
6. **U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE** (2019). Waterfowl population status, 2019. U.S. Department of the Interior, Washington, D.C., É-U.
7. **COMITÉ SUR LA SAUVAGINE DU SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE** (2019). *Situation des populations d'oiseaux migrateurs considérés comme gibier au Canada: novembre 2019.* Rapport du Service canadien de la faune sur la réglementation concernant les oiseaux migrateurs no 50.
8. **NAWMP** (2018). North American Waterfowl Management Plan (NAWMP) Update: connecting people, waterfowl, and wetlands, 46 p.
9. **LEPAGE, C.** (2019). Canard noir, p. 112-113, dans *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional* (M. Robert, M.-H. Hachey, D. Lepage et A.R. Couturier, dir.). Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'oiseaux Canada, Montréal, xxv + 694 p.
10. **ROBERT, M.** (2019). Garrot d'Islande, p. 136-137, dans *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional* (M. Robert, M.-H. Hachey, D. Lepage et A.R. Couturier, dir.). Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'oiseaux Canada, Montréal, xxv + 694 p.
11. **ROBERT, M.** (2019). Arlequin plongeur, p. 128-129, dans *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional* (M. Robert, M.-H. Hachey, D. Lepage et A.R. Couturier, dir.). Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'oiseaux Canada, Montréal, xxv + 694 p.



Qualité bactériologique des eaux de baignade des plages participant au programme Environnement-Plage

ÉTAT

État: Bon
Tendance: Maintien

En 2019, 73 % des plages participantes, soit 151 plages, ont obtenu une cote moyenne A (excellente), 25 %, soit 51 plages, une cote moyenne B (bonne), 1 %, soit trois plages, une cote moyenne C (passable), et 1 %, soit deux plages, une cote moyenne D (polluée). On observe donc que les eaux de baignade de presque la totalité (98 %) des plages ayant participé au programme Environnement-Plage étaient classées « excellentes » ou « bonnes » quant à leur qualité bactériologique. L'état global de la qualité bactériologique des plages participant au programme Environnement-Plage peut donc être considéré comme bon.

Toutefois, les résultats doivent être interprétés en tenant compte d'un certain nombre de considérations. Par exemple, les données présentées se limitent à celles qui ont été recueillies sur les plages qui participent au programme Environnement-Plage et ne peuvent refléter la qualité bactériologique de l'ensemble des plages du Québec. Par ailleurs, la fréquence d'échantillonnage de ces plages est établie selon la cote de qualité bactériologique de l'eau de baignade de l'année précédente. Ainsi, les plages participantes ayant obtenu une cote A (excellente) l'année précédente seront échantillonnées au moins deux fois. Les plages ayant obtenu une cote B (bonne) seront échantillonnées au moins trois fois. Finalement,

DESCRIPTION

La présente fiche présente les indicateurs et les résultats du suivi de la qualité bactériologique des eaux de baignade des plages participant du Québec, mesurée dans le cadre du programme Environnement-Plage, lequel est sous la responsabilité du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Le suivi de la qualité des eaux de baignade est basé sur une classification des échantillons d'eau analysés en fonction de leur concentration en microorganismes indicateurs: *Escherichia coli* (*E. coli*) pour les eaux douces et les entérocoques en milieu marin[1]. La classification est la suivante:

- **Classe A (excellente)**
  E. coli ≤ 20 UFC/100 ml ou entérocoques ≤ 5 UFC/100 ml;
- **Classe B (bonne)**
  E. coli 21 à 100 UFC/100 ml ou entérocoques 6 à 20 UFC/100 ml;
- **Classe C (passable)**
  E. coli 101 à 200 UFC/100 ml ou entérocoques 21 à 35 UFC/100 ml;
- **Classe D (polluée)**
  E. coli ≥ 201 UFC/100 ml ou entérocoques ≥ 36 UFC/100 ml.

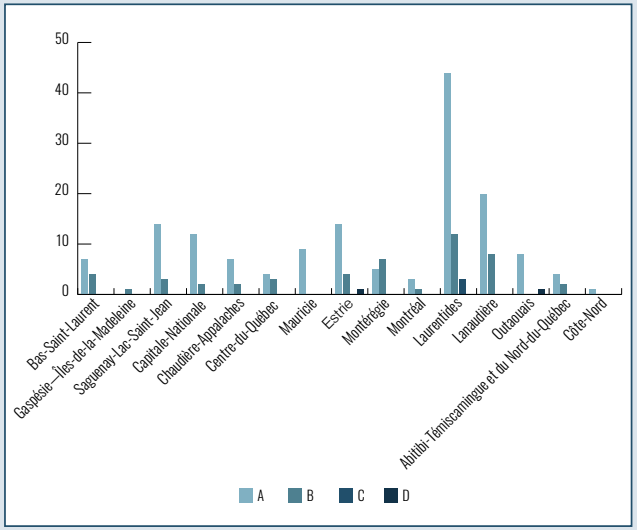
Rédigée par: **Bureau de l'expertise en contrôle**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
Collaboration: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

les plages ayant obtenu une cote C (passable) ou D (polluée), ainsi que les nouvelles plages, seront échantillonnées au moins cinq fois[1]. Donc, même si l'état global des plages du programme est bon, cela ne signifie pas que la qualité bactériologique de l'eau des plages est bonne à tout moment. Aussi, les indicateurs de la qualité bactériologique des eaux (*E. coli* et entérocoques) utilisés pour le programme Environnement-Plage témoignent d'une contamination fécale d'origine humaine ou animale[2].

Finalement, mentionnons que la qualité bactériologique des eaux des plages varie beaucoup dans le temps, selon divers facteurs, tels que les conditions météorologiques, les caractéristiques physiques du milieu de baignade, le moment de la journée, la périodicité des épisodes de contamination et les activités en amont de la plage[2].

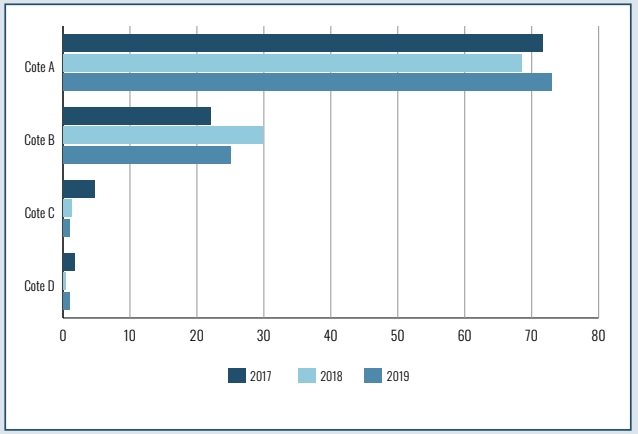
Pour ce qui est de la tendance de l'indicateur entre 2017 et 2019, il ne semble pas y avoir d'amélioration ou de détérioration de la qualité des eaux de baignade des plages ayant participé au programme, ce qui traduit un maintien général de la situation.

Figure 1 Classification des eaux de baignade des plages des différentes régions du Québec en fonction de la qualité bactériologique-2019



La figure fait état de la qualité bactériologique des eaux de baignade des plages ayant participé au programme Environnement-Plage en 2019. Elle montre que la majorité des plages participantes ont obtenu une cote A (excellente) ou une cote B (bonne).

Figure 2 Tendance de la qualité bactériologique des eaux de baignade de plages-2017, 2018, 2019



La figure présente la tendance de la qualité bactériologique des eaux de baignade des plages ayant participé au programme Environnement-Plage sur trois années: 2017, 2018, 2019. Les données sont basées sur les pourcentages de cotes moyennes annuelles: cote A (excellente), cote B (bonne), cote C (passable) et cote D (polluée). Le graphique montre un maintien global de la qualité des eaux de baignade des plages participantes ces dernières années.

PRESSIONS

Les sources de contamination bactériologique des plages sont multiples. Souvent sous-estimés, les oiseaux aquatiques, particulièrement les goélands à bec cerclé, les bernaches du Canada et les canards colverts sont une source de contamination fréquente des plages du Québec[7]. À cause de leurs déjections fortement concentrées, la présence de quelques oiseaux seulement peut diminuer de façon draconienne la qualité bactériologique de l'eau d'une plage[5,6].

La gestion des eaux usées peut aussi influencer considérablement la concentration de microorganismes pathogènes dans l'eau des plages. En milieu urbain, l'apport d'eau important généré en période de pluie peut créer des excès d'eau dans les réseaux d'égouts menant à des débordements d'eaux usées non traitées dans les cours d'eau[3,8]. Des branchements inversés, pour lesquels les eaux sanitaires des résidences sont envoyées dans une conduite pluviale, peuvent aussi être problématiques, même par temps sec. En zone de villégiature, la gestion des eaux usées peut être une source de contamination à cause des rejets directs dans l'environnement, des débordements de fosses septiques et des résurgences d'eaux usées en raison du colmatage des champs d'épuration[2,6].

En milieu agricole, les déjections d'animaux d'élevage peuvent apporter une contamination bactériologique par des systèmes d'entreposage défaillants ou par le ruissellement des champs ayant fait l'objet d'épandage[2,4,6,9,10].

Les plages participant au Programme Environnement-Plage sont situées dans des milieux et des conditions hydrologiques variées. Ces sources de contamination n'affectent donc pas l'ensemble des plages avec la même importance. C'est pourquoi il est recommandé d'effectuer une enquête sanitaire afin de déterminer les principales sources de contamination propre à chaque plage. Outre les sources de contamination ci-dessus, les épisodes de fortes pluies, par le fort ruissellement et l'augmentation des débordements d'eaux usées non traités, peuvent entraîner une contamination bactériologique considérable sur les plages.

FORCES

- Urbanisation[3]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[3]
- Activités industrielles[3]
- Activités agricoles[4]
- Faune naturelle (oiseaux aquatiques)[5,6,7]

IMPACTS

- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)[11]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[12,13]
- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)[12,13]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[12,13]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2, art 83.)[14]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

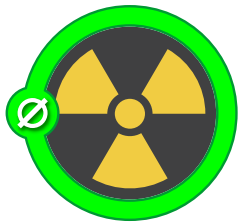
De façon générale, le *Rapport sur le climat changeant du Canada*[12] prévoit une augmentation des précipitations extrêmes dans le futur. Le ruissellement causé par ces épisodes de pluies plus fréquents entraînera une modification de la qualité bactériologique de l'eau des plages en fonction de la nature du milieu où elles sont situées. En milieu urbain, la fréquence plus élevée des épisodes pluvieux intenses pourrait entraîner des débordements d'eaux usées non traitées plus importants et compromettre la baignade aux sites en aval[13]. En milieu agricole, le lessivage des déjections d'animaux d'élevage ne sera qu'accentué par ces fortes pluies. Sur les sites de baignade, les déjections d'oiseaux aquatiques présentes sur la plage ou à proximité pourraient être lessivées par les pluies et entraîner une contamination bactériologique appréciable des eaux de baignade. L'augmentation des précipitations due aux changements climatiques pourrait donc entraîner une augmentation des journées où la qualité bactériologique de l'eau des plages serait impropre à la baignade.

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Programme Environnement-Plage[1]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/env-plage

RÉFÉRENCES

1. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2020). « Programme Environnement-Plage », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/env-plage/ (page consultée le 1er mai 2020).
2. **SANTÉ CANADA** (2012). *Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada*, troisième édition, Ottawa (Ontario), Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, 78-1-100-99431-4, Cat. no H129-15/2012F, 171 p.
3. **GODMAIRE, HÉLÈNE, ET ANDRÉANNE DEMERS** (2009). *Eaux usées et fleuve Saint-Laurent: problèmes et solutions*, Québec, Coalition québécoise pour une gestion responsable de l'eau, 28 p.
4. **PAINCHAUD, JEAN** (2017). *La qualité de l'eau des rivières du Québec: état et tendances*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Bibliothèque nationale du Québec, 2-550-31530-8, Envirodoq no EN970111, rapport no QE-109, 57 p.
5. **LÉVESQUE, B., P. BROUSSEAU, F. BERNIER, E. DEWAILLI ET J. JOLY** (2000). « Study of the bacterial content of ring-billed gull droppings in relation to recreational water quality », *Water Research*, vol. 34, no 4, p. 1089-1096.
6. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (MDDEFP) (2013). *Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac*, Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-67327-9 (PDF), 30 p. et 1 annexe.
7. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2020). *Guide d'application du programme Environnement-Plage*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 28 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/env-plage/Guide-application.pdf.
8. **HÉBERT, S.** (2010). *Qualité bactériologique de sites potentiels de baignade dans le Saint-Laurent, été 2009*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 8 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/stlaurent/Plages2009.pdf.
9. **PATOINE, MICHEL** (2011). « Influence de la densité animale sur la concentration des coliformes fécaux dans les cours d'eau du Québec méridional, Canada », *Revue des sciences de l'eau*, vol. 24, no 4, p. 421-435.
10. **HAHN, R. H., D. C. LANDECK ET AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS** (1998). *ASAE standards 1998: Standards, engineering practices, data*. St. Joseph, Mich: American Society of Agricultural Engineers.
11. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « La qualité de l'eau et les usages récréatifs: les solutions pour la restauration: de l'assainissement à la protection », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/recreative/solution.htm (page consultée le 12 décembre 2019).
12. **BUSH, E., ET D.S. LEMMEN** (2019). *Rapport sur le climat changeant du Canada*, gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 978-0-660-30223-2, Cat. no En4-368/2019F-PDF, 446 p.
13. **BOLDUC, SAMUEL** (2008). *Des réseaux d'égout vulnérables aux changements climatiques*, Centre eau terre environnement, INRS, 5 p.
14. **QUÉBEC.** *Loi sur la qualité de l'environnement: LRQ chapitre Q-2, à jour au 1er février 2020*, [Québec], Éditeur officiel du Québec, C2020, 176 p.



Radionucléides artificiels dans les eaux de surface et souterraines

ÉTAT

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Ne s'applique pas; état basé sur le dernier rapport.

La présence de radionucléides artificiels dans l'environnement a trois origines principales:

- les rejets réglementés des installations nucléaires et ceux qui sont liés aux activités de médecine nucléaire et de recherche;
- les essais atmosphériques d'armes nucléaires, pratiqués entre 1945 et 1980;
- les graves accidents nucléaires (Tchernobyl et Fukushima)[2].

Au Québec, les principales sources de radionucléides artificiels dans les eaux de surface sont les installations nucléaires de Gentilly-2 et des laboratoires de Chalk River.

GENTILLY-2

Eau de surface: Huit échantillons ont été prélevés dans deux stations en aval du canal de rejet des installations de Gentilly-2 dans le fleuve Saint-Laurent en 2018. Ces échantillons ont été analysés pour les teneurs en tritium. Un seul échantillon montrait une teneur supérieure à la limite de détection (6 Bq L^{-1}), soit de 25 Bq L^{-1}. Une seule concentration de carbone-14 a été quantifiée, soit de 0,28 Bq L^{-1} [3]. Des analyses complémentaires ont été réalisées en 2018, dans cinq stations du fleuve Saint-Laurent (un en amont, trois en aval et un sur la rive nord) et une station de la rivière Gentilly, pour le césium-137, le cobalt-60, l'eau tritiée, les particules alpha brutes et les particules bêta brutes. Les seuls paramètres détectés sont les particules alpha brutes (0,09 Bq L^{-1} dans une station en aval) et les particules bêta brutes

DESCRIPTION

Les concentrations de radionucléides sont analysées dans diverses matrices environnementales telles que l'eau, les sédiments et les tissus végétaux ou animaux. La *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* prévoit que les titulaires de permis d'installations nucléaires élaborent, mettent en œuvre et tiennent à jour un programme de surveillance environnementale afin de protéger le public, les travailleurs et l'environnement. La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) s'assure que ces suivis sont conformes aux règlements régissant l'industrie nucléaire du Canada[1]. Au Québec, Hydro-Québec assume l'ensemble des exigences légales pour les activités des installations de Gentilly-2, alors qu'en Ontario c'est la société Laboratoires nucléaires canadiens limitée qui les assume pour les activités des Laboratoires de Chalk River. Indépendamment, la CCSN échantillonne l'eau du fleuve et des rivières Gentilly et des Outaouais afin de confirmer que le public et l'environnement sont protégés (Programme indépendant de surveillance environnementale, PISE).

Rédigée par: **Direction de la gestion intégrée de l'eau**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
Collaboration: **Comité expert en radioactivité**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

(0,06 à 0,14 Bq L^{-1} dans les trois stations en aval et celle de la rivière Gentilly), dont les concentrations demeurent sous les niveaux de référence, soit respectivement de 0,5 et 1 Bq L^{-1} [4].

Eau potable: La majorité des échantillons d'eau potable prélevés dans des systèmes de distribution des villes de Trois-Rivières et Bécancour (secteur Gentilly), de la municipalité de Champlain et dans le puits artésien d'une ferme du secteur de Gentilly sont sous le seuil de détection de la méthode analytique pour l'analyse du tritium (4 à 6 Bq L^{-1}) alors que la norme du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* est de 7 000 Bq L^{-1} [5]. Les échantillons dans lesquels le tritium a été détecté, soit à Champlain et dans la ferme, présentent des concentrations de 4 à 6 Bq L^{-1} [3].

Sédiments dynamiques: Il n'y a pas de lien observable entre l'emplacement des stations et les concentrations de radionucléides dans les sédiments dynamiques du fleuve Saint-Laurent. Du béryllium-7, du potassium-40, du cobalt-60, du césium-137, de l'uranium-235 et de l'uranium-238 sont détectés aux deux stations d'échantillonnage en aval du canal de rejet des installations de Gentilly-2, alors que les autres radionucléides analysés sont sous les limites de détection. Cela suggère que l'influence de l'installation nucléaire de Gentilly-2 sur la concentration de radionucléides dans les sédiments dynamiques du fleuve est faible[3].

Plantes aquatiques: L'échantillonnage des plantes aquatiques du fleuve Saint-Laurent est fait dans une zone susceptible d'être affectée par les effluents liquides radioactifs de l'installation de Gentilly-2. Les concentrations de cobalt-60, niobium-95 et iode-131 sont inférieures aux limites de détection (LD) et légèrement plus élevées que la LD pour le césium-137. La concentration de potassium-40 (présent naturellement dans le sol) est de 561 Bq kg^{-1} et celle de carbone-14 est de 21 Bq kg^{-1} [3].

Mollusques: L'échantillonnage des mollusques est fait à environ 2 km de l'installation nucléaire de Gentilly-2 en aval du canal de rejet. Aucune concentration de niobium-95, de césium-137 ou d'iode-131 n'est détectée dans les coquilles et la chair des mollusques. Du cobalt-60 (lié aux rejets radioactifs liquides) et du potassium-40 (présent naturellement dans le sol) sont mesurés dans la chair. Les concentrations de carbone-14 dans les coquilles et la chair des mollusques sont respectivement de 113 et 268 Bq kg^{-1} [3].

Poissons: Les poissons sont prélevés entre mai et novembre dans l'anse Lemarier, qui est l'endroit le plus près du point de rejet où la pêche peut être pratiquée. Pour chacune des 12 espèces de poissons pêchées, les concentrations des radionucléides sont mesurées dans des échantillons composites formés des tissus de chaque espèce. Les concentrations moyennes de potassium-40 (présent naturellement dans le sol), de tritium et de carbone-14 sont respectivement de 114 Bq kg^{-1}, de 18,8 Bq kg^{-1} et de 772 Bq kg^{-1} [3].

LABORATOIRES DE CHALK RIVER, ONTARIO

La rivière des Outaouais sépare l'Ontario du Québec sur une grande partie de la rivière, ce qui explique que les activités des Laboratoires de Chalk River, situés à Deep River en Ontario, peuvent avoir un effet sur les eaux québécoises.

Eau de surface: Le suivi environnemental des Laboratoires nucléaires canadiens de 2018 montre que les concentrations de tritium et d'activité bêta totale mesurées dans la rivière des Outaouais sont stables et inférieures aux recommandations canadiennes pour l'eau potable, soit de 7 000 Bq L^{-1} pour le tritium, et aux valeurs de référence du risque écologique (respectivement de 17 400 et de 366 Bq L^{-1})[9]. Des analyses complémentaires ont été réalisées en 2015 dans six stations de la rivière des Outaouais, incluant une du côté québécois. Dans cette dernière, les trois paramètres analysés sont au-dessous des limites de détection (cobalt-60, particules alpha brutes et particules bêta brutes)[6].

PRESSIONS

La centrale nucléaire de Gentilly-2 est fermée de façon permanente depuis décembre 2012. Elle utilisait un réacteur nucléaire CANDU (CANada Deutérium Uranium). On y retrouve aussi une installation de gestion des déchets nucléaires. Les activités de déclassement comprennent toutes les mesures prises à la fin de la durée de vie d'un réacteur. Les plans de déclassement ont une durée moyenne de 50 ans[7]. Les activités liées aux installations de Gentilly-2 font l'objet d'une surveillance environnementale rigoureuse qui se poursuivra pendant toute la phase de déclassement[1].

Les Laboratoires de Chalk River (LCR) sont actuellement en exploitation et ils sont considérés comme étant parmi les laboratoires nucléaires les plus complexes au Canada. Leurs activités comprennent les services et le développement liés à l'industrie nucléaire et à d'autres domaines scientifiques, tels que la physique, la métallurgie, la chimie, la biologie et l'ingénierie[8]. Diverses installations nucléaires, dont le réacteur national de recherche universel (NRU), et l'installation de production de molybdène 99 (MPF), qui sont maintenant placées en état d'arrêt sûr et de veille (respectivement en mars 2018 et en octobre 2016), étaient exploitées sur le site des LCR. Les autres installations nucléaires des LCR comprennent des zones de gestion des déchets, des cellules universelles, des cellules de combustibles et de matériaux, le Centre de traitement des déchets et ses installations connexes. Le site des LCR abrite également divers laboratoires de recherche, de développement et d'analyse[9].

Ces activités peuvent générer des rejets d'éléments radioactifs dans l'environnement. Les rejets de radionucléides dans l'environnement se font principalement par l'air ou par les effluents dans le milieu aquatique. En cas de rejet accidentel de substances radioactives dans l'atmosphère, une dispersion de gaz solubles et de très fines particules (aérosols) contenant une certaine quantité de radionucléides se produit. Cette dispersion est influencée par les conditions météorologiques (par exemple, précipitations, vents) et peut entraîner ainsi une contamination de l'air ambiant et des milieux environnants (eau de surface, sols). La concentration de radionucléides est plus importante à proximité du point de rejet et au cœur du panache. Le devenir des radionucléides dépend de leurs caractéristiques physiques et chimiques (par exemple, taille et forme des particules), des conditions hydrométéorologiques donnant lieu notamment à des retombées dites humides ou sèches, ainsi que des caractéristiques du milieu où se produisent les dépôts radioactifs. Une fois dans les sols et dans le milieu aquatique, les radionucléides peuvent être présents sous forme dissoute ou associés à la phase solide (par exemple, matières en suspension minérales ou organiques). Ils peuvent également être absorbés et accumulés par la faune et la flore ou s'accumuler dans les sédiments[2].

Ainsi, les suivis réalisés par les titulaires de permis d'installations nucléaires sont essentiels pour assurer la protection du public, des travailleurs et de l'environnement.

FORCES

- Activités industrielles[2]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* (L.C. 1997, ch. 9) (LSRN)[10]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Canada)

- Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE)[11]

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Surveillance environnementale près des installations de Gentilly-2[1] http://www.hydroquebec.com/declassement-gentilly-2/suivi-environnemental.html
- Programme indépendant de surveillance environnementale: Installation nucléaire de Gentilly-2[4] https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/gentilly2.cfm
- Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE): Laboratoires de Chalk River[6] https://www.nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/ch-river.cfm

RÉFÉRENCES

1. **HYDRO-QUÉBEC** (1996-2019). « Surveillance environnementale près des installations de Gentilly-2 », dans le site *Déclassement des installations de Gentilly-2*, [En ligne], http://www.hydroquebec.com/declassement-gentilly-2/suivi-environnemental.html (page consultée le 29 juillet 2019).
2. **CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC** (CEAEQ) (2015). Procédure d'évaluation du risque radiotoxique pour l'environnement, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 28 p. et annexes.
3. **HYDRO-QUÉBEC** (2019). « Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 – Rapport annuel 2018 », Rapport technique G2-RT-2019-00518-001, version finale, avril 2019, [En ligne], http://www.hydroquebec.com/data/production/pdf/rapport-surveillance-environnement-gentilly-2019.pdf.
4. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN) (2019). « Programme indépendant de surveillance environnementale: Installation nucléaire de Gentilly-2 », dans le site Installation nucléaire de Gentilly-2, [En ligne], https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/gentilly2.cfm (page consultée le 29 juillet 2019).
5. **DIRECTION DE LA SANTÉ ENVIRONNEMENTALE ET DE LA TOXICOLOGIE, INSTITUT DE LA SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC** (INSP) (2016). « Avis scientifique sur le tritium dans l'eau potable », Bibliothèque et Archives nationales du Québec, ISBN: 978-2-550-72311-0 (PDF), Gouvernement du Québec, 54 p. et 4 annexes.
6. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN) (2019). « Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE): Laboratoires de Chalk River », dans le site Ressources, [En ligne], https://www.nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/ch-river.cfm (page consultée le 7 janvier 2020).
7. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN), (2019). « Installation nucléaire de Gentilly-2 » dans le site Réacteurs, [En ligne], http://www.suretenucleaire.gc.ca/fra/reactors/power-plants/nuclear-facilities/gentilly-2-nuclear-generating-station/index.cfm (page consultée le 4 mars 2020).
8. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN), (2019). « Laboratoires de Chalk River » dans le site Réacteurs, [En ligne], https://nuclearsafety.gc.ca/fra/reactors/research-reactors/nuclear-facilities/chalk-river/index.cfm (page consultée le 4 mars 2020).
9. **LABORATOIRES NUCLÉAIRES CANADIENS** (2019). « Rapport annuel de surveillance de la conformité – Surveillance de l'environnement des Laboratoires de Chalk River en 2018 », LCR-509243-ACMR-2018, révision 0, juin 2019, [En ligne], https://www.cnl.ca/site/media/Parent/CRL-509243-ACMR-2018-Fre.pdf.
10. ***LOI SUR LA SÛRETÉ ET LA RÉGLEMENTATION NUCLÉAIRES***, L.C. 1997, sanctionnée 1997-03-20, c. 9.
11. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN) (2019). « Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE) », dans le site Ressources, [En ligne], https://www.nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/index-iemp.cfm (page consultée le 29 juillet 2019).

Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

POISSONS

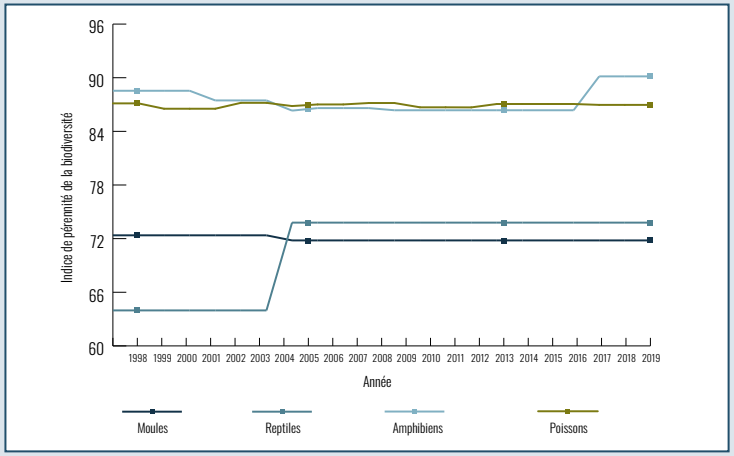
Au niveau des poissons, l'indice de pérennité est plutôt stable depuis le début de l'évaluation des rangs S (figure 1). En effet, l'influence des espèces largement réparties sur le territoire québécois et qui sont en bonne situation (S4 et S5, soit environ 79 % des espèces évaluées) assure un niveau plutôt élevé dans l'analyse de pérennité, depuis les premières évaluations (figure 2). De plus, le nombre d'espèces considérées comme en situation précaire (S1 à S3), qui était de 26 en 1998, a atteint un plateau à 30 en 2005 pour redescendre à 23 en 2019. On peut attribuer ces modifications aux actions de rétablissement, notamment l'acquisition de connaissances qui a permis de mieux évaluer l'état actuel de plusieurs espèces méconnues et rarement inventoriées.

Enfin, il est important de mentionner qu'en plus de la tendance de l'indice de pérennité, l'état de plusieurs espèces de poissons est critique au Québec. Sur les 109 espèces indigènes de poissons présentes, 3 sont désignées comme menacées et 5 sont désignées comme espèces vulnérables au Québec en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Québec* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)[23]. De plus, 15 espèces sont inscrites sur la liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables. Ainsi, 21 % des espèces indigènes de poissons du Québec sont considérées comme étant dans une situation précaire. Le processus de désignation de certaines espèces est en cours. On peut donc s'attendre à une augmentation du nombre d'espèces identifiées officiellement comme étant en situation précaire.

DESCRIPTION

L'indicateur « Rang S (poissons et moules d'eau douce) » est issu d'une analyse comparative entre les précédents calculs du rang de priorité de conservation S (pour *state* ou province, méthodologie de NatureServe[10]) concernant toutes les espèces indigènes de poissons (d'eau douce et diadromes) et de moules d'eau douce. Ces rangs ont été calculés en 1998, 2005, 2011 et 2019. Les calculs sont faits en choisissant la catégorie qui correspond le plus à la situation actuelle de l'espèce évaluée sur 8 critères différents. Les rangs varient entre S1 (espèce sévèrement en péril) et S5 (espèce largement répartie, abondante et stabilité démontrée). L'analyse comparative des rangs S permet de faire un état de la situation pour l'ensemble des espèces de poissons (d'eau douce et diadromes) et de moules d'eau douce présentes au Québec et de noter les variations d'une année de calcul à l'autre : l'indice de pérennité (encart « Méthodologie »).

Figure 1 Indice de pérennité des espèces aquatiques indigènes du Québec



Les lignes montrent les changements apportés aux rangs S (indice de pérennité) des espèces indigènes étroitement liées à l'eau (reptiles, amphibiens, moules d'eau douce et poissons) du Québec. Les points indiquent les années d'évaluation du rang S (à noter que certaines espèces ont reçu des révisions de leur rang S entre les années d'évaluation, ce qui explique la variation entre les points). Plus l'indice est élevé, plus les espèces du groupe sont en bon état.

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune aquatique**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Collaboration: **Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

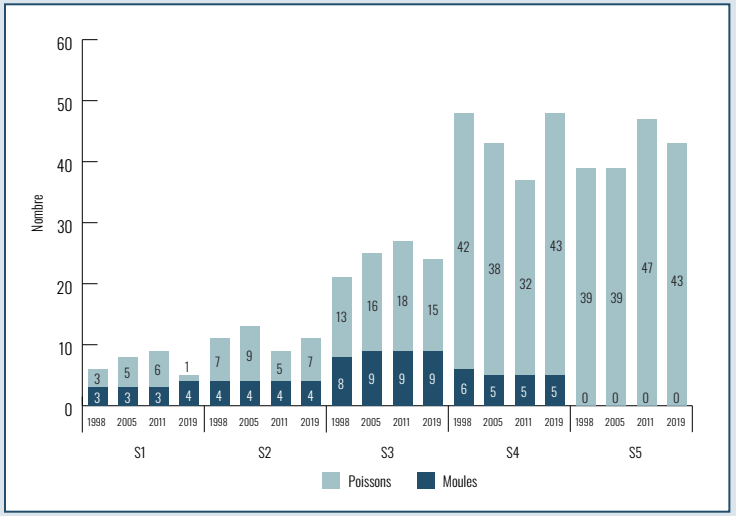
MOULES D'EAU DOUCE

En ce qui concerne les moules d'eau douce, l'indice de pérennité est stable depuis le début de l'évaluation des rangs S de ce groupe (figure 1), sauf pour la mulette-perlière de l'Est, dont le rang est passé de S4 à S3 en 2005. L'ajout d'une nouvelle espèce de moules découverte au Québec en 2016, l'anodonte papyracée de rang S1 (figure 1 et figure 2), n'a pas d'effet sur l'indice de pérennité en 2019 (figure 1), puisque le rang S1 a été attribué aux années précédentes, jugeant que l'espèce aurait eu la même précarité si elle avait été découverte avant.

Aucune espèce de moule d'eau douce n'a un rang S5 (large répartition, large abondance et stabilité démontrée) et le nombre d'espèces qui ont un rang S4 (apparemment stable) est passé de 6 en 1998 à 5 en 2005 et est resté stable depuis (figure 2), ce qui représente 23 % des espèces. Le nombre d'espèces considérées comme étant en situation précaire (S1 à S3) est passé de 15 (en 1998) à 16 en 2005. Ce plateau s'est maintenu jusqu'en 2018 inclusivement. En 2019, l'ajout d'une nouvelle espèce de rang S1 a fait monter ce nombre à 17 espèces précaires, ce qui représente 77 % des espèces de moules d'eau douce indigènes au Québec. Sur les 22 espèces indigènes de moules d'eau douce présentes au Québec, 8 sont inscrites sur la liste des espèces de la faune susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables en vertu de la LEMV. Ce sont l'alasmidonte rugueuse, l'anodonte du gaspareau, l'elliptio à dents fortes, l'elliptio pointu, la leptodée fragile, la mulette-perlière de l'Est, l'obovarie olivâtre et le potamile ailé. L'anodonte papyracée, également en situation précaire est candidate à être inscrite sur la prochaine liste.

Actuellement, huit des neuf espèces de rang S3 ne figurent pas sur la liste des espèces susceptibles et certaines d'entre elles seront potentiellement ajoutées comme candidates. Quant à l'obovarie olivâtre et à l'anodonte du gaspareau, ces deux espèces sont actuellement en processus de désignation en vertu de la LEMV. L'obovarie olivâtre est la seule espèce de moules inscrite à l'annexe I de la *Loi sur les espèces en péril*. Les moules d'eau douce constituent un des groupes d'espèces le plus en déclin en Amérique du Nord[12,13,14]. Le fait que le Québec constitue, en partie, la limite périphérique nord de la répartition globale de nos espèces et que 77 % de celles-ci sont en déclin démontre qu'il y a un besoin de travailler sur la conservation et le rétablissement des moules d'eau douce à l'échelle du Québec.

Figure 2 Évolution des rangs S des poissons d'eau douce et diadromes et des moules d'eau douce du Québec



L'indicateur du rang S (poissons et moules d'eau douce) est applicable à l'échelle de la province. Le rang est attribué à l'espèce et non à une population localisée.

PRESSIONS

Les pressions affectant la situation des espèces de poissons et de moules d'eau douce indigènes du Québec proviennent majoritairement d'activités anthropiques qui résultent en la destruction, la dégradation et la fragmentation des habitats fréquentés par ces espèces, l'introduction d'espèces envahissantes, mais aussi en une diminution des stocks de poissons qui a également un effet sur les moules, puisqu'elles dépendent d'espèces de poissons hôtes compatibles pour la transformation des larves en juvéniles[1,9,12,25]. Ces pressions sont prises en compte dans l'évaluation des rangs S de chaque espèce, ce qui paraît ensuite dans l'analyse de pérennité.

L'urbanisation, les eaux usées, les activités industrielles et agricoles ont différents effets sur les habitats aquatiques. L'empiètement du territoire aquatique limite la quantité et la qualité des habitats disponibles pour la faune. Par exemple, les habitats de fraie de la perchaude au lac Saint-Pierre ont grandement diminué au cours des dernières années dû à la conversion des zones inondables en terres agricoles[9]. De plus, la pollution modifie les paramètres physicochimiques naturels des habitats aquatiques au niveau de la disponibilité des nutriments (eutrophisation, débalancement des chaines trophiques, etc.)[1,7]. Par exemple, l'eutrophisation générée par un apport excédentaire en phosphore (provenant entre autres de surcharge en engrais) peut faire diminuer la quantité d'herbiers qui sont essentiels à la reproduction d'espèces, comme le méné d'herbe[7]. La pollution engendrée par les rejets d'usines d'épuration peut avoir des répercussions sur le développement des poissons et des moules d'eau douce. Par exemple, certains perturbateurs endocriniens pourraient limiter le développement sexuel de certaines espèces[4,12,14]. Étant des organismes filtreurs d'une grande longévité, les moules d'eau douce accumulent les diverses substances dans l'organisme, dont les métaux lourds, les substances chimiques industrielles et pharmaceutiques. Les effets chroniques des polluants sur la santé et la reproduction sont bien documentés (écotoxicologie). De nombreux produits toxiques ont des effets sublétaux, tels que la perturbation des cycles hormonaux, la modification du comportement ou la réduction du taux métabolique. À long terme, les effets cumulés peuvent avoir de profondes répercussions sur la survie et la croissance[12,14].

La pollution qui résulte en la sédimentation du substrat a un effet direct sur la disponibilité des sites de fraie de nombreuses espèces de salmonidés et de percidés qui fraient sur le gravier ou le sable[1-6,8,16,17,18]. Lorsque ce substrat bien oxygéné est couvert par des sédiments fins, il devient moins perméable à l'oxygène, nuisant directement au développement des œufs[1,2,3,5,6,8]. La mulette-perlière de l'Est, dont le poisson hôte principal de ses larves est le saumon atlantique, est particulièrement sensible à la sédimentation. Les juvéniles de cette espèce ont besoin d'un substrat bien oxygéné

ENCART

MÉTHODOLOGIE*

Rang de priorité de conservation

La révision des rangs de priorité pour les poissons, les moules d'eau douce et l'herpétofaune du Québec (rangs S) est un processus cyclique qui est répété environ tous les 7 ans. Il est basé sur un calcul de l'état global de la situation de chaque espèce selon les huit critères suivants: la superficie de la zone d'occurrence (*range Extent*), la superficie de la zone d'occupation (*area of occupancy*), le nombre d'occurrences, la taille de la population, l'intégrité écologique des occurrences ou du pourcentage de l'aire d'occupation, la tendance à court terme (projection sur les 20 prochaines années), la tendance à long terme (au cours des 200 dernières années) et l'impact des menaces. Les rangs utilisés pour l'indice sont S1 (sévèrement en péril), S2 (en péril), S3 (vulnérable), S4 (largement répartie, abondante et apparemment hors de danger, mais il demeure des causes d'inquiétude à long terme) et S5 (largement répartie, abondante et stabilité démontrée).

Indice de pérennité

L'indice de pérennité (indice du changement des rangs S), calculé pour les espèces fauniques indigènes intimement liées à l'eau, intègre un impact plus sévère d'une espèce qui passe de S3 à S2, comparée à une espèce qui passe de S5 à S4. Une fonction logarithmique permet d'accorder plus d'importance aux changements pour les espèces très précaires. Ainsi, une espèce de rang S1 qui devient S2 augmente son indice de 22% tandis qu'une espèce de rang S4 qui devient S5 augmente son indice de 10%. À noter que l'indice est ajusté à une échelle de 0 à 100. Un indice élevé représente une communauté peu précaire et pérenne tandis qu'un indice faible reflète la précarité d'une communauté. Un indice de pérennité de 100 représente seulement des espèces ayant un rang S5.

La méthodologie est basée sur l'étude de Quayle et collab. (2007)[21].

et non compacté de particules fines pour se développer[23,25]. Enfin, l'utilisation de certains insecticides (notamment le BTi) pourrait nuire à la disponibilité des proies des poissons insectivores[3].

Au niveau des espèces exploitées, la pêche commerciale et sportive peut avoir un effet sur la résilience des populations en réduisant les stocks. Cependant, la gestion durable des pêches permet de moduler les quotas et les prises quotidiennes afin de maintenir la disponibilité des stocks. Cette pression est donc contrôlée et contrôlable, mais pourrait affecter la pérennité des populations de poissons[16,17,18].

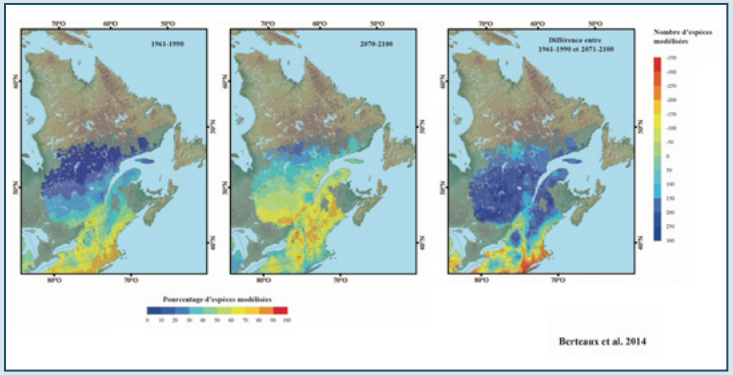
La présence d'espèces exotiques envahissantes vient modifier les rôles trophiques en compétitionnant pour les mêmes ressources que les espèces indigènes et en détruisant leurs habitats. C'est notamment le cas de certaines carpes asiatiques qui détruisent les herbiers en s'alimentant dans le substrat et du gobie à tache noire, qui est en compétition directe avec les petits percidés (fouille-roche gris, raseux-de-terre noir et gris)[1,3,4,6,7]. L'introduction des moules zébrées et quaggas dans les Grands Lacs et dans le fleuve Saint-Laurent à la fin des années 1980 et au début des années 1990 est une cause majeure du déclin des moules d'eau douce dans le fleuve et la rivière Richelieu[12-14]. La moule zébrée introduite récemment dans le lac Memphrémagog aura un effet sur les moules indigènes du bassin versant de la rivière Saint-François.

Les infrastructures de transport (routes, ponts, calvettes, etc.) ont un effet sur les régimes d'écoulement de l'eau et peuvent modifier le substrat et fragmenter les habitats. Certaines de ces infrastructures deviennent des obstacles infranchissables, notamment pour les espèces de petits poissons n'ayant pas de grandes capacités natatoires, lorsqu'ils ne sont pas conçus de façon optimale[1,3,6].

Les barrages peuvent avoir un effet direct sur la pérennité des espèces de poissons et de moules parce qu'ils fragmentent et modifient les habitats par la gestion des niveaux d'eau et limitent les migrations de poissons. Les barrages réduisent le potentiel de reproduction des moules et les isolent génétiquement, en constituant des obstacles majeurs aux déplacements des poissons hôtes essentiels à leur reproduction et à leur dispersion[12-14, 23-25]. De plus, les barrages hydroélectriques sont susceptibles d'engendrer des mortalités par turbinage, notamment pour l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*)[15].

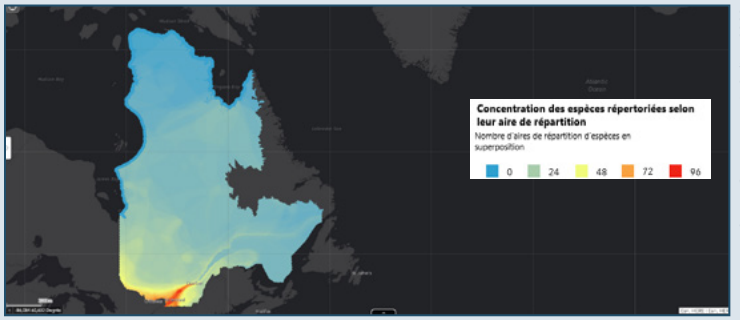
La navigation commerciale et de plaisance peut avoir un effet négatif sur la reproduction et le comportement des poissons par le dérangement sonore. De plus, le batillage détruit les herbiers aquatiques[4,7].

Figure 3 Effets potentiels sur 765 espèces modélisées des changements climatiques prévus entre 1961-1990 et 2071-2100



Berteaux et ses collaborateurs (2014) ont modélisé les effets potentiels des changements climatiques sur 765 espèces fauniques et floristiques, en comparant la différence entre le pourcentage d'espèces répertoriées de la période 1961-1990 et la période 2070-2100 (voir les deux cartes sur la 1re ligne). Le résultat (voir la carte sur la 2e ligne) montre que, vers le nord, le nombre d'espèces augmentera, alors que ce sera l'inverse vers le sud (Berteaux et collab., 2014).

Figure 4 Carte de la biodiversité des espèces de poissons d'eau douce et diadrome du Québec



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Cette carte présente les différentes aires de répartition superposées des espèces de poissons du Québec. Notez la grande concentration des espèces dans le sud de la province. Les zones bleues présentent une faible biodiversité, alors que les zones rouges montrent une concentration élevée d'espèces différentes. Il est possible qu'une même espèce se porte bien près de la limite nordique de son aire de répartition, là où les pressions peuvent être moindres, alors que son état est précaire dans le sud.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Il est actuellement difficile de savoir quelles seront les répercussions des changements climatiques sur les poissons d'eau douce et diadromes et les moules d'eau douce indigènes du Québec, mais leur impact va nécessairement nuire à leur capacité à résister aux autres pressions. Une des conséquences des changements climatiques est une augmentation de l'instabilité du climat, et de nombreux scénarios indiquent que les vagues de chaleur, les périodes de sécheresse et les épisodes de précipitations abondantes seront de plus en plus fréquents. La modification des températures et des régimes de précipitations pourrait engendrer des changements du régime d'écoulement et des fluctuations des niveaux d'eau, ce qui pourrait réduire la qualité des habitats de faible profondeur utilisés par plusieurs espèces, dont le fouille-roche gris, le dard de sable et le méné d'herbe[1,3,7] et des moules d'eau douce. L'augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes pourrait déstabiliser la force des cohortes de plusieurs espèces, notamment l'éperlan arc-en-ciel[2]. En contrepartie, l'accroissement des températures pourrait être bénéfique aux espèces situées à la limite nordique de leur aire de répartition. C'est notamment le cas du fouille-roche gris, puisque sa répartition est possiblement limitée par des températures d'eau trop froides[1].

La hausse du niveau marin et la baisse du débit du Saint-Laurent causées par les changements climatiques risquent de provoquer une remontée du front de salinité, situé actuellement entre l'île aux Coudres et l'île d'Orléans[11,12]. Celle-ci pourrait perturber les écosystèmes particuliers de cette zone, l'habitat n'offrant plus les conditions essentielles à l'établissement des moules d'eau douce.

L'augmentation des épisodes de précipitations abondantes peut modifier les habitats. Les frayères des poissons peuvent être endommagées ou détruites et les juvéniles peuvent être entraînés vers l'aval. Les sédiments en suspension dans l'eau lors des crues nuisent à l'alimentation et peuvent également ensevelir les moules. Les forts courants peuvent arracher les moules du substrat et les entraîner en aval dans des habitats parfois moins propices. Les roches ou les autres matériaux composant le substrat qui sont emportés par le courant peuvent casser ou écraser les coquilles[12]. Lors d'une période de sécheresse persistante, la température de l'eau augmente et la profondeur de l'eau ainsi que la vitesse du courant diminuent. La baisse de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau et l'augmentation de la concentration des polluants organiques et inorganiques, normalement dilués dans un plus grand volume d'eau, nuisent aux moules et aux poissons. La diminution

FORCES

- Urbanisation[1 à 7,9]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[1 à 7]
- Pêche commerciale[4,20]
- Pêche récréative ou de subsistance[2,5,8,16,17,18]
- Infrastructures de transport[1 à 7]
- Activités industrielles[1 à 7,12,13,14]
- Activités forestières[8]
- Activités agricoles[1 à 7,9,12,13,14]
- Gestion des barrages[1,3,4,6,12,13,14]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[4,19]
- Navigation commerciale sur le Saint-Laurent[19]
- Espèces exotiques envahissantes[1,3,4,6,7,12,13,14]

IMPACTS

- Perte d'un patrimoine naturel ou archéologique québécois[26]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)[12]
- Perte ou limitation de la pêche commerciale[12,14]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1 à 7,12 à 14,23 à 25]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[1 à 7,12 à 14]
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[1 à 7]
- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)[1 à 7]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[1 à 7,12 à 14]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[1 à 7,12 à 14]
- Diminution de la biodiversité pour les espèces d'eau froide
- Impact sur la résilience des espèces en situation précaire

de la profondeur de l'eau les rend plus susceptibles à la prédation. Les moules peuvent se retrouver hors de l'eau, se déshydrater et mourir. Le manque d'oxygène dissous dans l'eau nuit à la respiration ainsi qu'à la croissance, réduit les réserves de glycogène et peut compromettre la reproduction des organismes[12]. Le niveau d'eau très bas dans le fleuve Saint-Laurent lors des étés 2010 et 2012 a engendré la mortalité massive de moules d'eau douce, entre autres au lac Saint-Pierre et dans son archipel, dans des secteurs considérés comme des refuges[12,14].

Les tendances indiquent, avec un niveau de confiance élevé, qu'à l'horizon 2050 les étiages estivaux seront plus sévères et plus longs et l'hydraulicité estivale sera plus faible pour le Québec méridional[11,12], ce qui aura un effet certain sur les espèces qui privilégie les eaux fraîches bien oxygénées[23,25], dont la mulette-perlière de l'Est, espèce en déclin, ainsi que certaines espèces de poisson d'eau froide (salmonidés dont l'omble chevalier oquassa[8]) qui n'auraient pas les capacités natatoires nécessaires à la migration vers des zones plus tempérées.

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r. 35)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) (RLRQ, c. Q-2, a. 22)
- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)[12]
  - *Règlement sur les permis de pêche* (RLRQ, c. C-61.1, r. 20.2)
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)
  - *Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (REFMVH) (RLRQ, c. E-12.01, r. 2)
- *Loi sur les pêcheries commerciales et la récolte de végétaux aquatiques* (RLRQ, c. P-9.01)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)[12]

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les espèces en péril du Canada* (LEP) (L.C. 2002, ch. 29)[12]
- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)[12]
  - *Règlement sur les autorisations relatives à la protection du poisson et de son habitat* (DORS/2019-286)
  - *Règlement de pêche du Québec* (DORS/90-214)[12]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)[24,25]

AUTRES

- Accompagnement des MRC et municipalités
- Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ)
- Rapports et publications de sensibilisation[12]
- Recherche gouvernementale
- Réintroduction d'espèces[25]
- Réseaux de suivi

POUR EN SAVOIR PLUS...

- *Element Occurrence Data Standard*[27]
  https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard

RÉFÉRENCES

1. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET PETITS PERCIDÉS DU QUÉBEC** (2019). *Plan de rétablissement du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec, 2019-2029*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 41 p.
2. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL, POPULATION DU SUD DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT** (2019). *Plan de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) au Québec, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent, 2019-2029*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 40 p.
3. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET PETITS PERCIDÉS DU QUÉBEC** (2019). *Bilan du rétablissement du dard de sable (*Ammocrypta pellucida*) au Québec pour la période 2007-2018*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 46 p.
4. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU CHEVALIER CUIVRÉ DU QUÉBEC** (2012). *Plan de rétablissement du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) au Québec, 2012-2017*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Faune Québec, 54 p.
5. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL, POPULATION DU SUD DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT** (2019). *Bilan du rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) au Québec, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent pour la période 2008-2016*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 58 p.
6. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET PETITS PERCIDÉS DU QUÉBEC** (2019). *Bilan du rétablissement du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec pour la période 2001-2016*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 60 p.
7. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET DES PETITS PERCIDÉS** (2012). *Plan de rétablissement du méné d'herbe (*Notropis bifrenatus*) au Québec, 2012-2017*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Faune Québec, 34 p.
8. **RIVIÈRE, T., M. ARVISAIS, D. BANVILLE ET M.-A. COUILLARD** (2018). *Rapport sur la situation de l'omble chevalier oquassa (*Salvelinus alpinus oquassa*) au Québec*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 50 p.
9. **LÉVESQUE, ANN, J. DUPRAS ET J.-F. BISSONNETTE** (2019). « The pitchfork or the fishhook: a multi-stakeholder perspective towards intensive farming in floodplains », *Journal of Environmental Planning and Management*, DOI: 10.1080/09640568.2019.1694872.
10. **NATURESERVE**, 2019. « An Online Encyclopedia of Life », dans le site de NatureServe Explorer, [En ligne], http://www.natureserve.org/explorer/ (page consultée le 20 septembre 2019).
11. **CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC** (CEHQ) (2015). *Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050*, Québec, 81 p.
12. **PAQUET, A., N. DESROSIERS ET A. L. MARTEL** (2018). *Rapport sur la situation de l'anodonte du gaspareau (*Anodonta implicata*) au Québec*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 54 p.
13. **COSEPAC** (2011). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur l'obovarie olivâtre (*Obovaria olivaria*) au Canada*. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Xi + 52 p.
14. **BOUVIER, L.D., A. PAQUET ET T.J. MORRIS** (2013). *Information à l'appui de l'évaluation du potentiel de rétablissement de l'obovarie olivâtre (*Obovaria olivaria*) au Canada*. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Doc. de recherche 2013/041, v + 47 p.
15. **DESROCHERS, D.** (1995). *Suivi de la migration de l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) au complexe Beauharnois, 1994, [par] MILIEU et Associés inc., [pour] le service Milieu naturel*, Vice-présidence environnement, Hydro-Québec, 107 p.
16. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2014). *Synthèse du plan de gestion du touladi au Québec 2014-2020*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, Québec, 11 p.

RÉFÉRENCES (SUITE)

17. **ARVISAIS, M., Y. PARADIS ET I. THIBAULT** (2016). *Plan de gestion du doré au Québec, 2016-2026*, Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, 14 p.
18. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2016). *Plan de gestion du saumon atlantique 2016-2026*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, Québec, 40 p.
19. **WEILGART, L.** (2018). *The impact of ocean noise pollution on fish and invertebrates*. Report for OceanCare, Switzerland. 34 p.
20. **CARON, F., P. DUMONT, Y. MAILHOT ET G. VERREAULT** (2006). *État des stocks d'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) au Québec en 2004*. 2e édition révisée. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Direction de la recherche sur la faune, Québec, 34 p.
21. **QUAYLE, JAMES F., LEAH R. RAMSAY ET DAVID F. FRASER** (2007). « Trend in the Status of Breeding Bird Fauna in British Columbia, Canada, Based on the IUCN Red List Index Method », *Conservation Biology*, vol. 21, no 5, p. 1241-1247.
22. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS.** *Guide d'application du Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État*, Gouvernement du Québec, [En ligne], mffp.gouv.qc.ca/RADF/guide.
23. **GEIST, J., ET K. AUERSWALD** (2007). « Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (Margaritifera margaritifera) », *Freshwater Biology*, 52: 2299-2319
24. **ZANATTA, D.T., B.C. STOECKLE, K. INOUE, A. PAQUET, A.L. MARTEL, R. KUEHN ET J. GEIST** (2018). « High genetic diversity and low differentiation in North Amercian Margaritifera margaritifera (Bivalvia: Unionida: Margaritiferidae) », *Biological Journal of the Linnean Society*, 14 p.
25. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (en préparation). Mulette-perlière de l'Est : influence du barrage du lac Matane sur la population en amont et étude phylogénique, Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques.
26. **BEAULIEU, HÉLÈNE** (1992). *Liste des espèces de la faune vertébrée susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, ISBN 2-550-27104-1, 107 p.
27. **NATURESERVE**, 2002. *Element Occurrence Data Standard*. NatureServe et Network of Natural Heritage – Programs and Conservation Data Centers, 201 p., [En ligne], https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard.

Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)

ÉTAT

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Maintien

La figure 1 présente l'indice de pérennité des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau. Voici les espèces concernées, avec leur dernière évaluation de rang S indiquée entre parenthèses, qui a été effectuée en 2019:

Pour les amphibiens, les espèces considérées sont le crapaud d'Amérique (S5), la grenouille des bois (S4), la grenouille des marais (S4), la grenouille du Nord (S4), la grenouille léopard (S4), la grenouille verte (S4S5), le necture tacheté (S3), le ouaouaron (S4S5), la rainette crucifère (S4), la rainette faux-grillon boréale (S2), la rainette faux-grillon de l'Ouest (S2), la rainette versicolore (S4), la salamandre à deux lignes (S5), la salamandre à points bleus (S4S5), la salamandre à quatre orteils (S3), la salamandre cendrée (S4), la salamandre maculée (S4S5), la salamandre pourpre (S3), la salamandre sombre des montagnes (S2S3), la salamandre sombre du Nord (S4) et le triton vert (S4).

Pour les reptiles, les espèces considérées sont la couleuvre d'eau (S3), la tortue des bois (S3), la tortue géographique (S3), la tortue mouchetée (S2S3), la tortue musquée (S2S3), la tortue peinte (S4), la tortue serpentine (S4) et la tortue-molle à épines (S1).

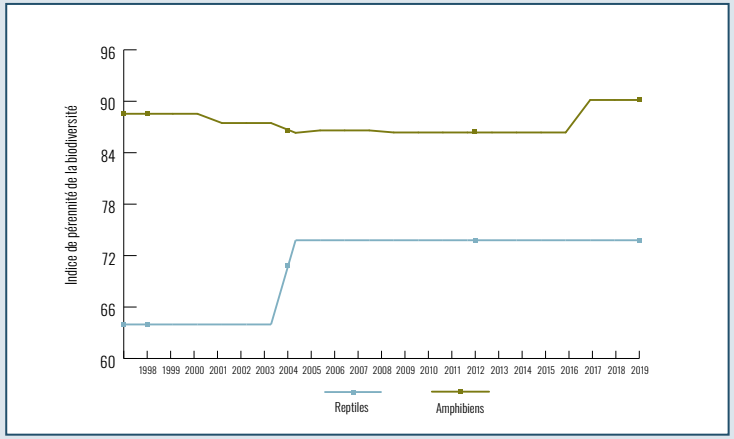
Parmi toutes ces espèces, seulement deux ont actuellement un rang S5.

Au fur et à mesure que les évaluations de rang S sont effectuées, on remarque une fluctuation dans l'indice de pérennité. Cela met en lumière que, si un nombre élevé d'espèces se voient attribuer un changement draconien dans leur rang S, un changement sera facilement détectable dans la tendance de l'indice de pérennité.

DESCRIPTION

L'indicateur est issu d'une analyse comparative entre les précédents calculs du rang de précarité S (« S » pour *state* ou province; ci-après « rang S ») concernant les espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau. La valeur attribuée au rang suit la méthodologie de NatureServe[10]. Les calculs sont faits en choisissant la catégorie qui correspond le plus à la situation actuelle de l'espèce évaluée sur huit critères. Les années de calculs sont 1998, 2005, 2012 et 2019. Cette analyse permet de tirer un état de la situation pour ces espèces dépendantes de l'eau. Elle s'appuie sur l'indice de changement des rangs S attribués aux espèces d'une année de calcul à l'autre: l'indice de pérennité (encart Méthodologie).

Figure 1 Indice de pérennité des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau



Les lignes montrent la variation de l'indice de changement du rang S, ou indice de pérennité, attribué aux espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau. Les points indiquent les années d'évaluation du rang S (à noter que certaines espèces ont reçu des révisions de leur rang S entre les années d'évaluation, ce qui explique la variation entre les points).

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

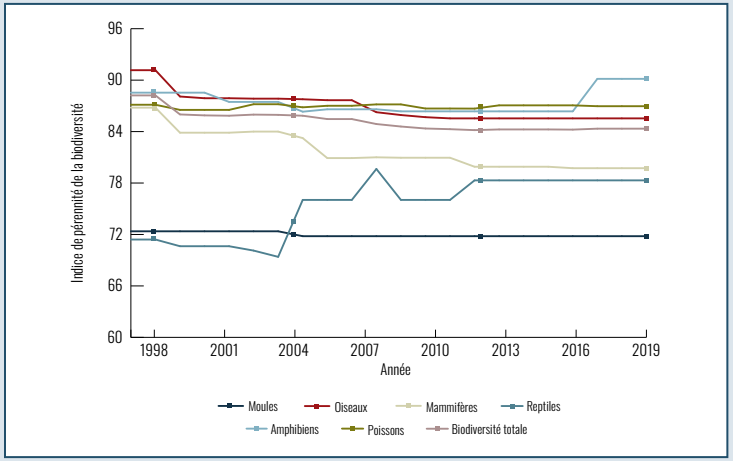
La tendance de l'indice pour le groupe des amphibiens et pour le groupe des reptiles a été montrée séparément (figure 1). Si une comparaison devait être faite entre ces deux groupes, on pourrait en déduire que, généralement, les espèces d'amphibiens du Québec sont en meilleure situation que celles de reptiles qui sont étroitement liées à l'eau. Par contre, il est important de noter que l'on retrouve ici deux groupes d'espèces fauniques particulièrement en danger au Québec, voire au monde. En effet, l'état de plusieurs espèces d'herpétofaune est critique au Québec. Sur les 36 espèces indigènes d'amphibiens et de reptiles présentes au Québec, 5 sont désignées comme menacées et 4 sont désignées comme vulnérables au Québec en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Québec* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01). De plus, 11 espèces sont inscrites sur la liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables. Ainsi, 56 % des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec sont considérées comme étant dans une situation précaire. À titre comparatif, le pourcentage est d'environ 20% pour les mammifères, de moins de 15 % pour les poissons marins et d'eau douce et de moins de 6% pour les oiseaux.

Bien sûr, il faut prendre en considération que l'état de la situation de ces espèces ne repose pas uniquement sur la qualité des plans d'eau qu'elles fréquentent, bien que ces derniers soient essentiels à leur survie. Pour plus de détails à ce propos, consultez la section « Pressions ».

Le portrait de l'évolution de l'indice de pérennité pour l'ensemble de la biodiversité faunique indigène du Québec dont nous disposons d'une évaluation de rangs S est présenté à la figure 2. Les seuls invertébrés considérés dans cette figure correspondent aux espèces de moules d'eau douce qui sont suivies par le personnel du MFFP. En comparant les deux figures, on s'aperçoit rapidement que l'état des reptiles étroitement liés à l'eau est bien en dessous de celui des autres groupes d'espèces évalués, hormis les moules d'eau douce. Le Québec n'ayant que peu d'espèces de reptiles, et encore moins d'espèces étroitement liées à l'eau, le changement de rang S vers des valeurs de précarité plus élevées pour cette catégorie se traduit en une variation flagrante de l'indice, alors que pour une catégorie comme les poissons d'eau douce indigènes et diadromes, avec 109 espèces, un changement de rang S vers des valeurs plus précaires pour un nombre d'espèces équivalent se retrouve moins bien représenté.

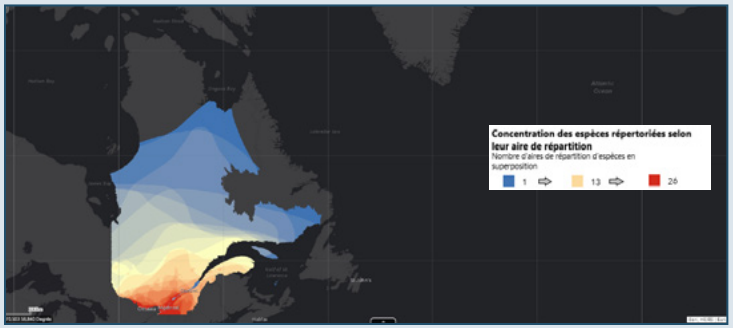
Enfin, il est important de considérer que l'indice de pérennité est applicable à l'échelle de la province seulement. Le rang S est attribué à l'espèce et non à une population localisée. Il est possible qu'une même espèce se porte bien près de la limite nordique de son aire de répartition, là où les pressions peuvent être moindres, alors que son état est beaucoup plus précaire dans le sud, où la présence anthropique est concentrée. La figure 3 montre l'état de la biodiversité des espèces d'herpétofaune qui sont étroitement liées à l'eau au Québec.

Figure 2 Indice de pérennité de la biodiversité indigène du Québec



Les lignes montrent la variation de l'indice de changement du rang S, ou indice de pérennité, attribué à l'ensemble de la biodiversité faunique indigène du Québec. La ligne représentant les reptiles intègre ainsi plus d'espèces que dans la figure 1, puisqu'on considère maintenant les espèces qui ne sont pas étroitement liées à l'eau, comme la plupart des espèces de couleuvres.

Figure 3 Carte d'état de la biodiversité des espèces d'herpétofaune qui sont étroitement liées à l'eau au Québec



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Cette carte présente les différentes aires de répartition superposées des espèces d'herpétofaune étroitement liées à l'eau du Québec. Notez la grande concentration des espèces dans le sud de la province. Les zones bleues présentent une faible biodiversité, alors que les zones rouges montrent une concentration élevée d'espèces différentes.

PRESSIONS

Plusieurs forces peuvent créer des pressions susceptibles de modifier l'état de la situation d'une espèce indigène d'amphibien ou de reptile au Québec[1,2,3,4,5,6,7,8,9,12]. Ce changement d'état se reflète dans l'évaluation du rang S de l'espèce concernée, soit l'élément à la base de l'indicateur en question ici. Ces pressions sont liées principalement à la destruction, la dégradation et la fragmentation des habitats fréquentés par ces espèces. Ces habitats font souvent partie des écosystèmes aquatiques. En diminuant le nombre et la qualité des milieux naturels humides, lacustres et fluviatiles essentiels à ces espèces, l'état de leurs populations se détériore. Leur rang S augmente en niveau de précarité, modifiant ainsi le présent indicateur. Toutefois, bien qu'elles soient dépendantes des écosystèmes aquatiques, ces espèces sont sensibles à d'autres pressions non reliées à ces milieux, comme la mortalité associée au passage des automobiles et à la machinerie agricole ou encore la collecte, la garde en captivité et le commerce illégal.

L'indicateur se calcule en intégrant les rangs S de toutes les espèces d'herpétofaune indigènes du Québec qui sont étroitement liées à l'eau, qu'elles soient actuellement désignées par la LEMV ou non. Pour les besoins de ce document, les pressions présentées sont associées aux principales espèces d'herpétofaune en situation précaire au Québec.

Pour la rainette faux-grillon de l'Ouest, l'urbanisation, par le développement résidentiel, industriel et commercial, est la cause principale de la dégradation de son habitat. On retrouve aussi l'intensification de l'agriculture, ayant mené au remblayage, au drainage, au nivellement des terres et au déboisement des milieux naturels. La modification de l'écoulement naturel de l'eau par les barrages de castor nuit au succès de reproduction de l'espèce. Les rejets de fertilisants et de pesticides dans les milieux naturels altèrent la qualité de l'eau et peuvent nuire au développement des rainettes, comme le nitrate des engrais qui est problématique pour l'éclosion des œufs et la croissance des têtards. La colonisation des plans d'eau par des espèces végétales exotiques envahissantes est problématique pour les amphibiens, parce que ces espèces peuvent assécher les milieux et amener d'autres conséquences néfastes. C'est le cas du nerprun cathartique qui produit un composé secondaire, l'émodine, qui peut accroître la gravité des malformations et le taux de mortalité des embryons lorsqu'il se retrouve dans les sites de reproduction[1].

ENCART

MÉTHODOLOGIE*

Rang de priorité de conservation

La révision des rangs de priorité pour les poissons, les moules d'eau douce et l'herpétofaune du Québec (rangs S) est un processus cyclique qui est répété environ tous les 7 ans. Il est basé sur un calcul de l'état global de la situation de chaque espèce selon les 8 critères suivants: la superficie de la zone d'occurrence (*range Extent*), la superficie de la zone d'occupation (*area of occupancy*), le nombre d'occurrences, la taille de la population, l'intégrité écologique des occurrences ou du pourcentage de l'aire d'occupation, la tendance à court terme (projection sur les 20 prochaines années), la tendance à long terme (au cours des 200 dernières années) et l'impact des menaces. Les rangs utilisés pour l'indice sont S1 (sévèrement en péril), S2 (en péril), S3 (vulnérable), S4 (largement répartie, abondante et apparemment hors de danger, mais il demeure des causes d'inquiétude à long terme) et S5 (largement répartie, abondante et stabilité démontrée).

Indice de pérennité

L'indice de pérennité (indice du changement des rangs S), calculé pour les espèces fauniques indigènes intimement liées à l'eau, intègre un impact plus sévère d'une espèce qui passe de S3 à S2, comparée à une espèce qui passe de S5 à S4. Une fonction logarithmique permet d'accorder plus d'importance aux changements pour les espèces très précaires. Ainsi, une espèce de rang S1 qui devient S2 augmente son indice de 22% tandis qu'une espèce de rang S4 qui devient S5 augmente son indice de 10%. À noter que l'indice est ajusté à une échelle de 0 à 100. Un indice élevé représente une communauté peu précaire et pérenne tandis qu'un indice faible reflète la précarité d'une communauté. Un indice de pérennité de 100 représente seulement des espèces ayant un rang S5.

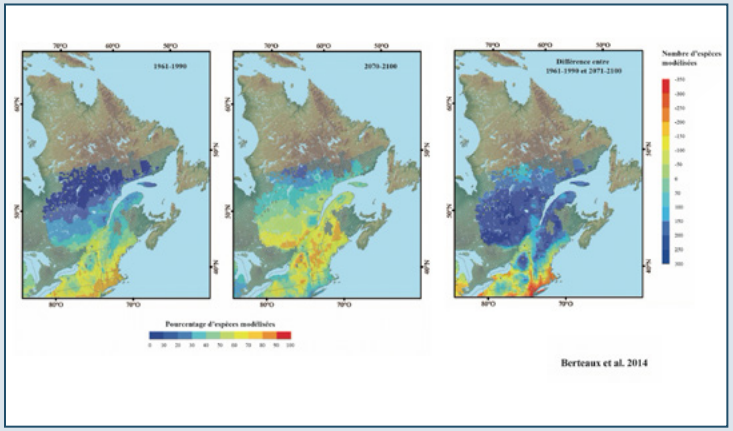
* La méthodologie est basée sur l'étude de Quayle et collab. (2007)[9]

Pour les principales espèces de tortues d'eau douce en situation précaire au Québec, à savoir la tortue mouchetée, la tortue musquée, la tortue géographique, la tortue des bois et la tortue-molle à épines, les pressions qui sont davantage susceptibles de faire modifier leur rang S sont grandement liées à la perte et à la dégradation de leurs habitats, dont la modification intensive des rives, ainsi qu'à la mortalité et aux blessures associées aux activités nautiques. La composante aquatique de ces habitats est très importante pour ces espèces. Une baisse de qualité des écosystèmes aquatiques peut se refléter rapidement dans le déclin des populations, donc la modification de leur rang S. Même la tortue des bois, soit la plus terrestre des tortues d'eau douce du Québec, demeure une tortue semi-aquatique qui s'éloigne rarement à plus de 200 m d'un cours d'eau et qui utilise le milieu aquatique à longueur d'année. Comme pour toutes les tortues, les cours d'eau qu'elle fréquente doivent demeurer limpides.

L'hiver, les tortues d'eau douce du Québec hibernent au fond de l'eau, soit directement dans le lit du cours d'eau, soit dans des terriers de rats musqués, dans des souches immergées ou encore sous une berge en saillie. Comme elles ne respirent alors que par la peau, il est essentiel que la tenure en oxygène de ces milieux aquatiques soit élevée et qu'ils soient exempts de polluants[2,3,4,5,6,7].

La contrainte physiologique imposée par la respiration cutanée de certaines salamandres de ruisseaux, dont la salamandre pourpre et la salamandre sombre des montagnes, rend ces espèces particulièrement sensibles à toute modification, détérioration et perte d'habitat aquatique. Au Québec, le développement à des fins résidentielles, récréotouristiques, minières et de production d'énergie et le captage de l'eau souterraine à des fins résidentielles, agricoles et commerciales constituent actuellement les menaces les plus importantes à la survie de ces espèces. La contamination de la nappe phréatique, le pompage des eaux à des fins commerciales et l'assèchement des sources d'eau sont particulièrement nocifs pour les salamandres, car elles ne tolèrent pas les milieux secs. L'exploitation forestière, notamment par l'intensification des coupes forestières, la pollution et la sédimentation dans les cours d'eau, ainsi que l'introduction ou l'ensemencement de poissons représentent également des menaces sérieuses pour les salamandres[8,9]. La couleuvre d'eau est inscrite sur la liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables. Il s'agit de l'espèce de couleuvre la plus étroitement associée au milieu aquatique. Excellente nageuse, elle fréquente le bord des rivières, des ruisseaux, des étangs et des lacs. Cette espèce serait également sensible à la pollution environnementale comme les résidus toxiques de pesticides et les métaux lourds, ainsi qu'à la perte et la fragmentation des habitats occasionnées par le développement industriel et résidentiel et les travaux de stabilisation des berges[12].

Figure 4 Effets potentiels sur 765 espèces modélisées des changements climatiques prévus entre 1961-1990 et 2071-2100



Berteaux et ses collègues (2014) ont modélisé les effets potentiels des changements climatiques sur 765 espèces fauniques et floristiques, en comparant la différence entre le pourcentage d'espèces répertoriées de la période 1961-1990 et la période 2070-2100 (voir les deux cartes sur la 1re ligne). Le résultat (voir la carte sur la 2e ligne) montre que, vers le nord, le nombre d'espèces augmentera alors que ce sera l'inverse vers le sud (Berteaux et collab., 2014).

FORCES

- Urbanisation[1 à 9]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[1 à 9]
- Infrastructures de transport[1 à 9]
- Activités industrielles[1 à 9]
- Activités forestières[1 à 9]
- Activités agricoles[1 à 9]
- Gestion des barrages[1 à 9]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[1 à 9]
- Prélèvements d'eau[8,9]
- Espèces exotiques envahissantes[1,8,9]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques entraîneront des mouvements potentiels d'aires de répartition vers le Nord de plusieurs espèces fauniques et floristiques. La figure 4 met en lumière ce constat[16]. On remarque que, dans le Sud, le nombre d'espèces serait en diminution, alors que vers le nord ce nombre augmenterait. Cette situation peut s'expliquer par le fait que certaines espèces retrouveront les températures adéquates à leur survie plus vers le nord qu'autrefois, ce qui les poussera à migrer vers le nord.

C'est le cas des tortues, pour lesquelles l'aire de répartition est affectée par les conditions climatiques. Il est estimé que, pour la majorité des espèces de tortues, l'aire de répartition devrait se déplacer vers les pôles pour que les conditions climatiques dans leurs habitats demeurent similaires à celles d'aujourd'hui[15]. Le Québec se trouve dans une région où la richesse en espèces de tortues pourrait donc augmenter à la suite du déplacement ou de l'extension d'aires de répartition vers les pôles. Les changements climatiques permettraient également aux espèces de tortues déjà présentes au Québec d'étendre leur aire de répartition au nord de leur limite actuelle.

La densité de tortues, comme celle de beaucoup d'autres espèces[13], est plus élevée dans le centre de leur répartition que près de leur limite nordique de répartition[14]. Il est donc probable que la taille des populations au Québec augmente avec les changements climatiques. Cela peut s'expliquer par une croissance accélérée, un meilleur succès de reproduction et une maturité sexuelle plus hâtive dans un environnement plus chaud[2,3,4,5,6]. Actuellement, les impacts des changements climatiques ne sont pas encore documentés comme un facteur de dégradation de l'habitat actuel de la plupart des tortues du Québec, bien que des impacts considérables soient appréhendés dans le futur. Les crues peuvent occasionner des déplacements involontaires de tortues par lessivage ou même des mortalités. Pour certaines espèces, les crues estivales plus fréquentes pourraient tuer les œufs dans les nids creusés près des rivières. Bien que les œufs soient adaptés pour survivre à des épisodes de pluies intenses avec une brève saturation du sol en eau, l'érosion causée par les crues pourrait lessiver certains œufs ou dénuder certains nids[2,3,4,5,6].

Les effets des changements climatiques qui semblent être les plus problématiques pour la rainette faux-grillon de l'Ouest sont ceux qui sont associés au cycle hydrologique. La sécheresse et le réchauffement peuvent causer un déclin des populations en réduisant le nombre et la qualité des étangs temporaires qui sont vitaux pour son développement.

IMPACTS

- Perte d'un patrimoine naturel ou archéologique québécois[11]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1 à 9]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[2,3,4,5,6]
- Redoux hivernaux plus fréquents
  (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[1]
- Tempêtes plus intenses et fréquentes
  (ex.: vents, verglas)[2,3,4,5,6]
- Changements du régime hydrologique
  (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[2,3,4,5,6,7,8]
- Températures ambiantes plus élevées
  (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[1,7,8]

Au Québec, cette problématique est difficile à évaluer puisque l'espèce vit où l'hydrologie dépend en partie des activités humaines. Cependant, l'hydropériode devrait être raccourcie, en raison d'une diminution des précipitations sous forme de neige, une fonte plus rapide au printemps et des épisodes prolongés de sécheresse. Ainsi, le succès reproducteur de l'espèce devrait être à la baisse. Ces changements pourraient également entraîner un taux de mortalité plus élevé chez les têtards[1].

Les salamandres de ruisseaux seront de plus en plus affectées par les changements climatiques. Une augmentation de précipitations intenses, séparées par de plus longues périodes de sécheresse, aura comme effet d'altérer la qualité des cours d'eau fréquentés par les salamandres. Certains ruisseaux pourraient disparaître ou se retrouver avec des niveaux d'eau qui ne correspondent plus au besoin des salamandres, qui devront changer d'habitat. L'augmentation du débit et de la fréquence des crues associées aux épisodes de précipitations extrêmes risque d'accroître la mortalité des salamandres au moment de la métamorphose, en emportant les individus ou en lessivant les nids. Les habitats de reproduction et d'hivernage pourraient être détruits ou leur accessibilité compromise[7,8].

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r. 35) [2,3,4,5,6,7,8]

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Canada)

- Politique sur la conservation des terres humides

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (chapitre C-6.2) (Loi sur l'eau)
- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)
- *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (LAU) (RLRQ, c. A-19.1)
- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) (RLRQ, c. Q-2, a. 22)[1,2]
  - *Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques* (R.Q c. Q-2, r. 9.1)[1]
- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)[1,2,3,4,5,6,7,8]
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)[1,2,3,4,5,6,7,8]
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)[1,2,3,4,5,6,7 8]
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)[1,2,3,4,5,6,7,8]
  - *Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (REFMVH) (RLRQ, c. E-12.01, r. 2)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)[1,2,3,4,5,6,7,8]

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les espèces en péril du Canada* (LEP) (L.C. 2002, ch. 29)[1,2,3,4,5,6,7,8]
- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)[2,3,4,5,6]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)
- Plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF)
- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de la production des Plans régionaux des milieux humides et hydriques
- Financement de projets de restauration et d'aménagement d'habitats
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert

AUTRES

- Campagnes d'éradication d'espèces exotiques envahissantes
- Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ)[1,2,3,4,5,6,7,8]
- Réseaux de suivi

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Element Occurrence Data Standard[17]
  https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard
- Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes[18]
  https://www.editionsmichelquintin.ca/produit/1298-amphibiens-et-reptiles-du-quebec-et-des-maritimes-souple-.html
- Turtles of the United States and Canada[14]
  https://jhupbooks.press.jhu.edu/title/turtles-united-states-and-canada
- Frogs of the United States and Canada[19]
  https://jhupbooks.press.jhu.edu/title/frogs-united-states-and-canada-2-vol-set
- Changements climatiques et biodiversité du Québec: vers un nouveau patrimoine nature[16]
  http://cc-bio.uqar.ca/images/extrait.pdf

RÉFÉRENCES

1. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE LA RAINETTE FAUX-GRILLON DE L'OUEST DU QUÉBEC** (2019). *Plan de rétablissement de la rainette faux-grillon de l'Ouest (Pseudacris triseriata), 2019-2029*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 65 p., [En ligne], https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/PL_retablissement_Rainette_faux_grillon_2019-2029.pdf.
2. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2019). *Plan de rétablissement de la tortue des bois (*Glyptemys insculpta*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 57 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/plan_retablissement_tortue-des-bois_2020-2030.pdf.
3. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2020). *Plan de rétablissement de la tortue mouchetée (*Emydoidea blandingii*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 52 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/especes/plan_retablissement_tortue-mouchetee_2020-2030.pdf.
4. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2020). *Plan de rétablissement de la tortue géographique (*Graptemys geographica*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 60 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/especes/plan_retablissement_tortue-geographique_2020-2030.pdf.
5. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la tortue musquée (*Sternotherus odoratus*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.
6. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2020). *Plan de rétablissement de la tortue-molle à épines (*Apalone spinifera*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 51 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/plan_retablissement_tortue-molle-a-epines_2020-2030.pdf.
7. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES SALAMANDRES DE RUISSEAUX DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la salamandre sombre des montagnes (*Desmognathus ochrophaeus*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.
8. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES SALAMANDRES DE RUISSEAUX DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la salamandre pourpre (*Gyrinophilus porphyriticus*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.
9. **QUAYLE, JAMES F., LEAH R. RAMSAY ET DAVID F. FRASER** (2007). « Trend in the Status of Breeding Bird Fauna in British Columbia, Canada, Based on the IUCN Red List Index Method », *Conservation Biology*, vol. 21, nº 5, p. 1241-1247.
10. **NATURESERVE**, 2019. « An Online Encyclopedia of Life », dans le site de *NatureServe Explorer*, [En ligne], http://www.natureserve.org/explorer/ (page consultée le 20 septembre 2019).
11. **BEAULIEU, HÉLÈNE** (1992). *Liste des espèces de la faune vertébrée susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, ISBN 2-550-27104-1, 107 p.
12. **MFFP** (2001). « Couleuvre d'eau », dans le site du MFFP de la Liste des espèces désignées comme menacées ou vulnérables au Québec, [En ligne], https://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=70 (page consultée le 23 septembre 2019).
13. **JAREMA, S. I., J. SAMSON, B. J. MCGILL ET M. M. HUMPHRIES** (2009). « Variation in abundance across a species' range predicts climate change responses in the range interior will exceed those at the edge: a case study with North American beaver », *Global Change Biology*, 15(2): 508-522.
14. **ERNST, C. H., ET J. E. LOVICH** (2009). *Turtles of the United States and Canada*, 2nd Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, 827 p.
15. **IHLOW, F., J. DAMBACH, J. O. ENGLER, M. FLECKS, T. HARTMANN, S. NEKUM, H. RAJAEI ET D. RÖDDER** (2012). « On the brink of extinction? How climate change may affect global chelonian species richness and distribution », *Global Change Biology*, 18(5): 1520-1530.
16. **BERTEAUX, D., N. CASAJUS ET S. DE BLOIS** (2014). *Changements climatiques et biodiversité du Québec: vers un nouveau patrimoine naturel*, Presses de l'Université du Québec, Québec, 202 p.
17. **NATURESERVE** (2002). *Element Occurrence Data Standard*. NatureServe et Network of Natural Heritage - Programs and Conservation Data Centers, 201 p., [En ligne], https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard
18. **RODRIGUE, D., ET J.-F. DESROCHES** (2018). Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes, édition revue et augmentée, Éditions Michel Quintin, Montréal (Québec), 375 p. , [En ligne], https://www.editionsmichelquintin.ca/produit/1298-amphibiens-et-reptiles-du-quebec-et-des-maritimes-souple-.html.
19. **DODD, C. K.** (2013). Frogs of the United States and Canada, 2 vol. set (Vol. 1), JHU Press., [En ligne], https://jhupbooks.press.jhu.edu/title/frogs-united-states-and-canada-2-vol-set.



Régime d'écoulement : crues

FICHE D'INFORMATION

Au Québec, c'est souvent au printemps qu'on observe les débits les plus forts. Ceux-ci sont en grande partie provoqués par les apports en eau provenant de la fonte du couvert de neige, auxquels peuvent parfois s'ajouter des apports de pluie. De fait, au printemps, les événements hydrologiques extrêmes, comme les inondations du Richelieu en 2011 et celles du printemps 2017 et plus récemment lors du printemps 2019, sont en général causés par une fonte soutenue combinée à d'importantes quantités de précipitations liquides.

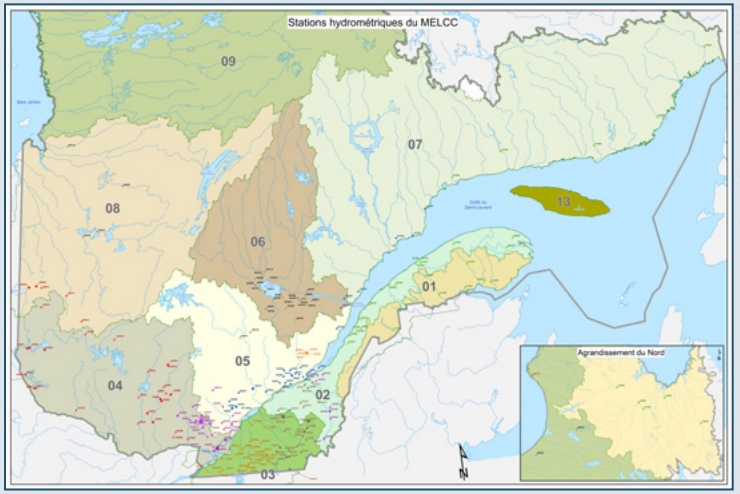
Bien que le printemps soit la saison la plus « active » hydrologiquement parlant, il n'est pas rare d'observer des crues au courant de l'été et de l'automne. Typiquement, pour les cours d'eau de moyenne à grande taille, les hausses de débits sont alors la conséquence de systèmes météorologiques d'envergure apportant des pluies abondantes de façon prolongée et sur d'assez larges portions du territoire. On peut citer à titre d'exemple le déluge du Saguenay à l'été 1996 ou, plus récemment, les inondations causées par la queue de l'ouragan Irène en août 2011. Les orages, souvent observés l'été, peuvent également provoquer des crues rapides. Toutefois, étant donné la taille limitée des cellules orageuses, ce sont principalement de plus petits cours d'eau qui sont à risque de générer ce type d'événement.

Lorsque le débit devient trop fort, il y a un risque d'inondation, car l'important volume d'eau n'arrive plus à s'écouler par le lit principal de la rivière. Le niveau d'eau augmente alors jusqu'à ce que l'écoulement se poursuive en empruntant la plaine de débordement du cours d'eau, inondant au passage les zones riveraines. Il importe de noter que les expressions « forts débits » ou « crues » n'impliquent pas nécessairement des conséquences d'inondations sur le territoire. De nombreux facteurs tels que la forme du lit de la rivière, l'aménagement du territoire, le design des infrastructures comme les digues et routes ainsi que l'opération des barrages influencent également le niveau de vulnérabilité et le risque d'inondation en un lieu donné.

DESCRIPTION

Pour pouvoir brosser un portrait du régime hydrique d'un cours d'eau, on a recours à des indicateurs hydrologiques. Il s'agit de statistiques de l'état du débit, et parfois du niveau, d'un cours d'eau visant à caractériser par exemple un étiage d'été sévère, une crue printanière extrême ou une valeur mensuelle moyenne. Les indicateurs hydrologiques sont évalués sur d'assez longues périodes, d'au moins 30 ans, afin de bien échantillonner la variabilité des processus en jeu. Ainsi, la crue, qui se définit comme une période de fort débit, s'articule autour d'indicateurs normés au Québec tels le Q_1max20_P et le Q_1max20_{EA} qui correspondent au débit journalier [Q_1] maximal annuel [max] de période de retour de 20 ans [20] au printemps [P] et à l'été/automne [EA] respectivement. Sur une longue période, ces valeurs de débits seront dépassées en moyenne une fois tous les 20 ans. (On parle également d'une probabilité de dépassement annuelle de 5%.) Le débit est exprimé en m^3/s ou en L/s par kilomètre carré de bassin versant.

Figure 1 Réseau hydrométrique du Québec



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Le Québec compte sur un réseau hydrométrique d'environ 230 stations mesurant les débits ou les niveaux de différents cours d'eau. Ces données d'observations constituent de précieuses informations pour comprendre les caractéristiques d'écoulement d'un bassin versant et évaluer les aléas hydrologiques, comme le risque d'inondation. Elles sont aussi indispensables pour valider les modèles hydrologiques, c'est-à-dire s'assurer que les débits reproduits par les modèles correspondent bel et bien aux débits observés dans la réalité.

Rédigée par: **Direction de l'expertise hydrique**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

PRESSIONS

La modification de l'occupation des sols, en particulier l'urbanisation, peut exercer un effet non négligeable sur les régimes hydrologiques des bassins versants. En effet, l'accroissement de l'urbanisation d'un bassin versant est accompagné par l'augmentation de l'imperméabilité des sols et l'installation des réseaux d'assainissement souterrain. Cela a pour conséquences: i) la réduction des écoulements de base; ii) l'augmentation du ruissellement de surface; iii) l'acheminement rapide des eaux dans les milieux récepteurs, entre autres les rivières; et ainsi iv) l'augmentation des volumes d'eau et des débits de crues dans les rivières.

L'autre activité pouvant exercer une pression importante sur les débits de crue est la gestion des barrages. Plusieurs fonctions et besoins sont liés à la gestion des barrages, que ce soit pour l'approvisionnement en eau, la production hydroélectrique, la villégiature, de même que la régularisation du régime hydrique des cours d'eau. Dans l'optique de lutter contre les inondations, la gestion des volumes stockés est utilisée pour écrêter les pointes de débit en stockant les volumes excédentaires dans les réservoirs. Souvent, cette gestion se fait sur la base de prévisions météorologiques et hydrologiques annonçant la venue d'une crue dans les jours à venir. La gestion des barrages se fait en tenant compte des incertitudes liées à l'ampleur et au moment de l'apparition des forts débits durant l'année. Elle tient également compte des possibilités de crues exceptionnelles, qui soulèvent chaque fois l'enjeu de la sécurité et de la protection des ouvrages mêmes et de la sécurité des personnes et des biens situés à proximité de ces réservoirs. En outre, l'incertitude liée à l'effet des changements climatiques sur le régime hydrique des cours d'eau, concernant l'ampleur des crues et leur saisonnalité, est prise en compte pour une gestion optimale et une adaptation quant à la conception de ces ouvrages.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Le Québec possède d'abondantes ressources en eau, mais les changements climatiques auront inévitablement une incidence sur la distribution de ces ressources sur le territoire et dans le temps. Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat[19], les changements climatiques sont sans équivoque et l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre, notamment le dioxyde de carbone (CO_2), produits par les activités humaines en est la cause principale. La plus récente synthèse du consortium Ouranos[14] prévoit que la température moyenne du Québec méridional devrait augmenter

FORCES

- Urbanisation[1]
- Gestion des barrages[2,3]

IMPACTS

- Dommages aux infrastructures humaines et coûts liés (routes, bâtiments, etc.)[4,5]
- Problèmes d'exploitation des barrages[2]
- Sécurité immédiate des citoyens (inondation, érosion ou glissement de terrain)[4,5,6]
- Stress imposé aux citoyens[6]
- Perturbation des activités agricoles
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques[12]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[7,8,9]
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[7,8,9]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[10,11,12]

de deux à quatre degrés d'ici 2050 et de quatre à sept degrés d'ici 2100. On peut également s'attendre à davantage de précipitations en hiver et au printemps ainsi qu'à des épisodes de précipitations extrêmes plus fréquents et plus intenses en été et en automne. À l'autre bout du spectre, bien que les tendances soient moins nettes, la synthèse du consortium Ouranos évoque un accroissement des conditions de sécheresse, particulièrement en saison estivale.

Élément notable, il apparaît, dans la synthèse d'Ouranos, que c'est à l'égard des conditions extrêmes que se manifesteront avec le plus d'intensité les impacts des changements climatiques:

- Selon les projections, les températures extrêmes maximales en été augmenteront plus que les températures moyennes estivales. De la même manière, les températures extrêmes minimales en hiver augmenteront aussi plus que les températures moyennes hivernales.

- On s'attend à des hausses significatives pour tous les indices de précipitations abondantes et extrêmes, et ce, pour toutes les régions du Québec.

Ces modifications climatiques auront vraisemblablement des impacts importants sur l'hydrologie du Québec méridional. Comme les changements climatiques influent sur toutes les composantes du cycle de l'eau qui interagissent entre elles, la nature de ces impacts est complexe.

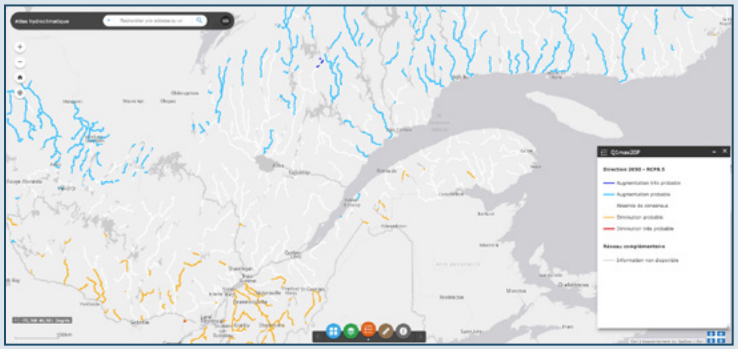
Les principaux impacts sur l'hydrologie sont les suivants:

- Les étiages seront plus importants en été sur l'ensemble du territoire, découlant d'une plus forte évapotranspiration, ce qui augmentera la pression exercée sur l'approvisionnement en eau, les écosystèmes aquatiques et diverses activités récréatives;

- Les crues seront plus intenses en été et en automne, favorisant l'érosion des berges, les inondations subites, le rejet d'eaux usées par surverse et le lessivage des sols, ce qui aura un impact sur la qualité de l'eau;

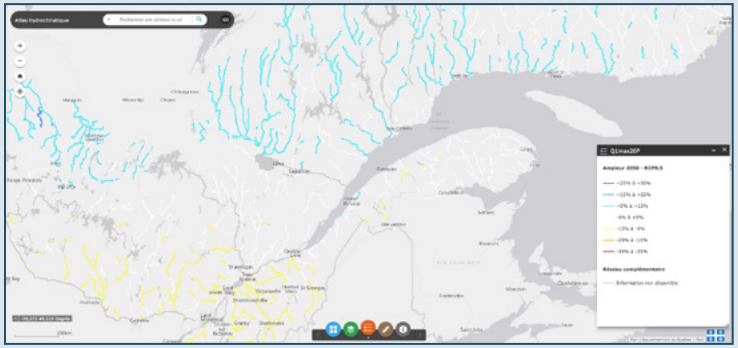
- Le cycle de l'eau sera globalement modifié et présentera une hydraulicité plus forte en hiver, plus faible en été et plus forte dans le nord du territoire, ce qui aura notamment des répercussions sur la production hydroélectrique.

Figure 2A Projections pour la crue printanière de récurrence 20 ans (Q_1max20_p) à l'horizon 2050 pour le scénario RCP8.5 (Direction du changement)



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Figure 2B Projections pour la crue printanière de récurrence 20 ans (Q_1max20_p) à l'horizon 2050 pour le scénario RCP8.5 (Ampleur du changement)



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Toutefois, l'intensité de ces impacts varie de façon importante selon les caractéristiques des rivières et leur emplacement sur le territoire.

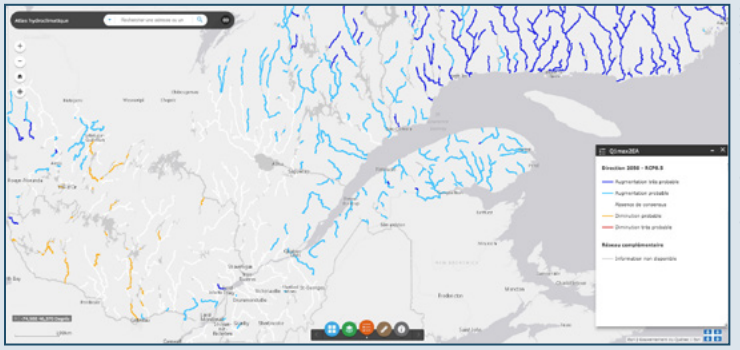
Pour plus de détails sur les impacts appréhendés des changements climatiques sur le régime hydrique des cours d'eau du Québec méridional, on peut consulter l'*Atlas hydroclimatique du Québec méridional* (http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique)[13] de même que le document d'accompagnement (http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/doc-accompagnement.pdf)[12]. L'*Atlas* présente l'état des connaissances sur la disponibilité actuelle et future des ressources en eau de surface du Québec méridional. On y décrit l'impact des changements climatiques sur les débits d'eau en rivières aux horizons 2030, 2050 et 2080 sur plus de 1 500 tronçons de rivières du Québec méridional.

Simulation des changements attendus du régime hydrique par l'*Atlas hydroclimatique du Québec méridional*:

Les différentes projections climatiques sont réalisées à l'aide des projections des modèles climatiques. Pour ce faire, les modèles climatiques se basent sur l'évolution des gaz à effet de serre (GES) atmosphériques. À cet effet, une série d'évolutions probables, ou de scénarios d'émissions de GES est produite selon des recommandations de l'Organisation des Nations unies, reflétant les différentes trajectoires de développement que pourrait suivre notre civilisation particulièrement jusqu'en 2100. Deux des familles de scénarios retenus par le GIEC ont été considérées pour la réalisation de l'*Atlas hydroclimatique*, soit les scénarios nommés RCP4.5 et RCP8.5. Les RCP sont des scénarios de trajectoires représentatives de l'évolution des concentrations des GES (*Representative Concentration Pathways* en anglais). Le RCP4.5 est généralement considéré comme un scénario « relativement optimiste », n'arrivant toutefois pas à limiter le réchauffement aux cibles fixées par l'Accord de Paris sur le climat. Le RCP8.5 est quant à lui considéré comme étant un scénario « pessimiste » correspondant à une croissance soutenue des émissions mondiales de GES.

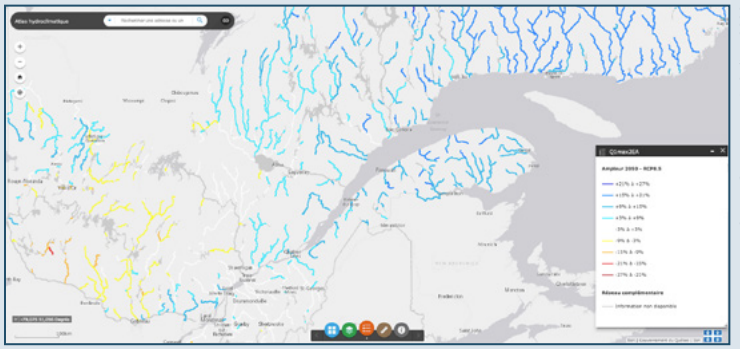
Ces différents scénarios climatiques appliqués au territoire québécois sont ensuite utilisés pour alimenter un modèle hydrologique implanté sur l'ensemble du Québec méridional. Ce dernier sert à reproduire les principaux processus physiques agissant à l'échelle du bassin versant de façon à traduire les scénarios climatiques en scénarios de débits d'eau en rivières. Ainsi, des simulations de débits journaliers moyens en rivières pour une période s'étendant

Figure 3A Projections pour la crue printanière de récurrence 20 ans ($Q_{I}max20_{EA}$) à l'horizon 2050 pour le scénario RCP8.5 (Direction du changement)



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Figure 3B Projections pour la crue printanière de récurrence 20 ans ($Q_{I}max20_{EA}$) à l'horizon 2050 pour le scénario RCP8.5 (Ampleur du changement)



Source: Gouvernement du Québec, 2020

de 1970 à 2100 sont produites. L'évolution des tendances, actuelles et futures, concernant ces débits simulés est illustrée sous forme d'indicateurs hydrologiques.

Ainsi, en regard des conditions de crue, les simulations réalisées pour la production de l'*Atlas* indiquent que:

- Pour les scénarios RCP4.5 et RCP 8.5, les crues printanières connaîtront à l'horizon 2050 par rapport à la période de référence 1970-2000 une diminution probable dans la partie sud-ouest du territoire alors qu'elles seront soit en augmentation probable, soit sans direction claire dans la partie centre-nord du territoire. Pour le scénario RCP8.5, l'ampleur des diminutions dans la partie sud-ouest sera de l'ordre de 5% à 15% alors que les augmentations attendues dans la partie nord-est seront aussi entre 5% et 15% (figure 2);
- Pour les scénarios RCP4.5 et RCP 8.5, les crues estivales et automnales connaîtront à l'horizon 2050 par rapport à la période de référence 1970-2000 une augmentation de probable à très probable sur presque tout le territoire québécois, sauf pour le secteur de l'Outaouais où les tendances sont incertaines et sur la rive nord à l'est du lac Saint-Jean où le signal de direction est moins tranché. Pour le scénario RCP8.5, l'ampleur de cette augmentation est de l'ordre de 5% à 25%, allant même jusqu'à des valeurs pouvant atteindre 35% localement dans la partie nord-est du territoire (figure 3). Il est à noter toutefois que le niveau de confiance est généralement limité pour l'indicateur Q1max20EA, notamment pour des raisons de résolutions encore limitées dans la représentation des phénomènes hydroclimatiques au sein des modèles climatiques utilisés dans la version 2018 de l'*Atlas hydroclimatique*.

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur la sécurité des barrages* (RLRQ, c. S-3.1.01)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan de protection du territoire face aux inondations[18]
  https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/amenagement_territoire/plan_protection_territoire_inondations/PLA_inondations.pdf.

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Cadre pour la prévention de sinistres (2013-2022)

AUTRES

- Développement et mise à jour d'atlas
  Atlas hydroclimatique du Québec méridional[13]
  http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique
  et son document d'accompagnement[12]
  http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/doc-accompagnement.pdf
- Développement et mise à jour de la cartographie
  - Cartographie des zones inondables tenant compte des changements climatiques[15]
- Modélisation
  - Système de prévision du niveau et du débit de certains cours d'eau du Québec méridional[17]
- Réseaux de suivi
  - Réseau hydrométrique québécois[16]
    https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/reseau/index.htm

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Le réseau hydrométrique québécois[7]
  https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/reseau/index.htm
- *Atlas hydroclimatique du Québec méridional*[5]
  http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique
  et son document d'accompagnement[4]
  http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/doc-accompagnement.pdf

RÉFÉRENCES

1. **HOLLIS, G.E.** (1975). « The effect of urbanisation on floods of different recurrence intervals ». *Water Resources Research*, 11, 431-435.
2. **MAILHOT, A., G. TALBOT ET D. KHEDHAOUIRIA** (2014). *Caractérisation de l'influence des barrages sur les débits mesurés*. Rapport de recherche nº R-1465, Institut national de la recherche scientifique INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, 170 p.
3. **MAILHOT, A., G. TALBOT, S. RICARD, R. TURCOTTE ET K. GUINARD** (2018). « Assessing the potential impacts of dam operation on daily flow at ungauged river reaches ». *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 18, 156-167.
4. **SAMBOLA, S.** (2014). *Impact des inondations sur les infrastructures et réseaux techniques et solutions d'amélioration de la résilience des systèmes urbains*. Écoles des ingénieurs de la Ville de Paris, 102 p.
5. **OURANOS.** *La crue printanière de 2019 est-elle un avant-goût du futur ?*, [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/FAQ-Inondations-2019.pdf.
6. **BUSTINZA, R., P. GOSSELIN ET J. COLAS** (2014). *Inondations: état de situation des responsabilités et pratiques en santé environnementale*. Institut national de santé publique du Québec, 24 p.
7. **MAILHOT, A., I. BEAUREGARD, G. TALBOT, D. CAYA ET S. BINER** (2012). « Future changes in intense precipitation over Canada assessed from multi-model NARCCAP ensemble simulations ». *International Journal of Climatology*, 32(8), 1151-1163. *doi: 10.1002/joc.2343*.
8. **MAILHOT, A., S. DUCHESNE, D. CAYA ET G. TALBOT** (2007a). « Assessment of future change in intensity–duration–frequency (IDF) curves for Southern Quebec using the Canadian Regional Climate Model (CRCM) ». *Journal of Hydrology*, 347(1), 197-210. doi: 10.1016/j.jhydrol.2007.09.019.
9. **WESTRA, S., H.J. FOWLER, J.P. EVANS, L.V. ALEXANDER, P. BERG, F. JOHNSON, E.J. KENDON, G. LENDERINK ET N.M. ROBERTS** (2014). « Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall ». *Reviews of Geophysics*, 52, 522-555. doi: 10.1002/2014RG000464.
10. **ROY, L., R. LECONTE, F.P. BRISSETTE ET C. MARCHE** (2001). « The impact of climate change on seasonal floods of a southern Quebec River Basin ». *Hydrol. Processes*, 15, 3167-3179.
11. **JURAJ M. CUNDERLIK ET SLOBODAN P. SIMONOVIC** (2005). « Hydrological extremes in a southwestern Ontario river basin under future climate conditions/Extrêmes hydrologiques dans un bassin versant du sud-ouest de l'Ontario sous conditions climatiques futures », *Hydrological Sciences Journal*, 50:4, -654, DOI: 10.1623/hysj.2005.50.4.631.
12. **DIRECTION DE L'EXPERTISE HYDRIQUE** (2018). Document d'accompagnement de l'*Atlas hydroclimatique du Québec méridional*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 34 p.
13. *Atlas hydroclimatique du Québec méridional* (2018), [En ligne], http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique.
14. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation: synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*. Édition 2015. Montréal, Québec: Ouranos, 415 p., https://www.ouranos.ca/synthese-2015/
15. **PROJET INFOCRUE DU MELCC,** [En ligne], https://www.cehq.gouv.qc.ca/zones-inond/info-crue/index.htm.
16. **LE RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE QUÉBÉCOIS,** [En ligne], https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/reseau/index.htm.
17. **PRÉVISIONS HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES,** [En ligne], https://www.cehq.gouv.qc.ca/prevision/index.asp.
18. **PLAN DE PROTECTION DU TERRITOIRE FACE AUX INONDATIONS,** [En ligne], https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/amenagement_territoire/plan_protection_territoire_inondations/PLA_inondations.pdf.
19. **GIEC** (2014). *Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.

Régime d'écoulement : étiages

FICHE D'INFORMATION

Des périodes de faibles débits peuvent être observées toute l'année, mais, au Québec, l'hiver et l'été sont les saisons durant lesquelles les étiages sont, en moyenne, plus intenses.

En hiver, les étiages sont provoqués par une absence prolongée d'apports aux cours d'eau causée par le stockage des précipitations en neige.

En été, les températures chaudes et l'importante activité végétale causent une évapotranspiration importante qui soutire l'eau contenue dans les sols et les cours d'eau pour la retourner vers l'atmosphère, sous forme de vapeur. Une période prolongée de température chaude et d'absence de précipitations est cause de sécheresse et d'étiage plus marqué.

PRESSIONS

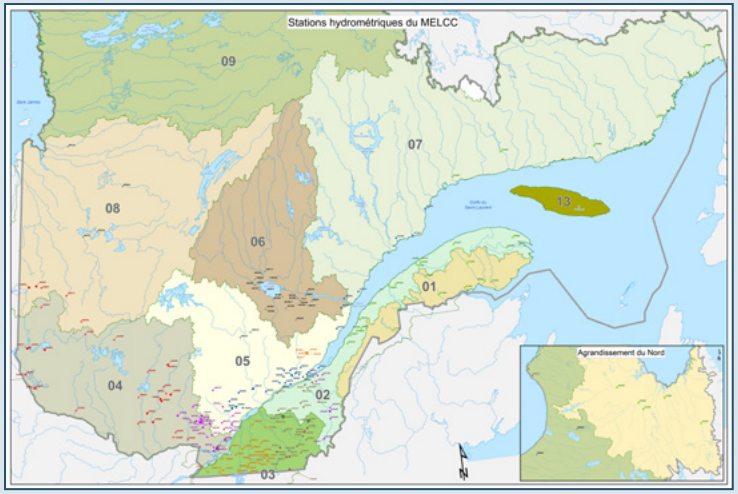
Différentes forces agissent sur le régime hydrique et peuvent aggraver l'intensité des étiages. C'est notamment le cas du phénomène d'urbanisation qui, de différentes façons, accentue les extrêmes des cours d'eau à proximité. En premier lieu, l'augmentation démographique associée à l'urbanisation augmente la consommation d'eau. Cette demande hydrique plus importante provoque une diminution du niveau d'eau en aval de la prise d'eau, donc des étiages plus sévères. Les apports souterrains, qui maintiennent les niveaux d'eau lors des étiages, sont également influencés par l'urbanisation. En effet, l'imperméabilisation accrue lors d'un développement urbain empêche l'infiltration d'une partie de l'eau qui ne peut alors se rendre à la nappe phréatique et recharger les réserves souterraines.

Les activités industrielles, agricoles et leurs différents prélèvements d'eau accentuent également les étiages. Les demandes hydriques des utilisateurs sur un même cours d'eau peuvent, lors des périodes de demande accrue, dépasser les volumes disponibles et nécessaires pour garder les niveaux de ce dernier au-dessus d'un seuil acceptable.

DESCRIPTION

Pour brosser un portrait du régime hydrique d'un cours d'eau, on a recours à des indicateurs hydrologiques. Il s'agit de statistiques de l'état du débit, et parfois du niveau, d'un cours d'eau qui vise à caractériser différents aspects du régime hydrique de ce dernier, comme un étiage d'été sévère, une crue printanière extrême ou une valeur mensuelle moyenne. Les indicateurs hydrologiques doivent être évalués sur d'assez longues périodes, idéalement au moins 30 ans, afin d'échantillonner suffisamment bien la variabilité du processus à l'étude. Plus spécifiquement, l'étiage, qui se définit comme une période de faible débit, peut s'articuler autour d'indicateurs normés au Québec tels le Q_7min2_E et le Q_7min2_H qui expriment un débit d'étiage [min] de récurrence de 2 ans [2] calculé sur une moyenne de sept jours consécutifs [7], respectivement pour la période estivale [E] et la période hivernale[H]. Le débit est exprimé en mètres cubes par seconde (m^3/s) ou en litres par seconde par kilomètre carré ($l/s/km^2$) pour le ramener sur une base spécifique.

Figure 1 Réseau hydrométrique du Québec



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Le Québec compte sur un réseau hydrométrique d'environ 230 stations mesurant les débits ou les niveaux de différents cours d'eau. Ces données d'observations constituent de précieuses informations pour comprendre les caractéristiques d'écoulement d'un bassin versant et évaluer les aléas hydrologiques comme les étiages. Elles sont aussi indispensables pour valider les modèles hydrologiques, c'est-à-dire s'assurer que les débits reproduits par les modèles correspondent bel et bien aux débits observés dans la réalité.

Rédigée par: **Direction de l'expertise hydrique**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Le Québec possède d'abondantes ressources en eau, mais les changements climatiques auront inévitablement une incidence sur la distribution de ces ressources sur le territoire et dans le temps. Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, les changements climatiques sont sans équivoque et l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre, notamment le dioxyde de carbone (CO_2), produits par les activités humaines en est la cause principale. La plus récente synthèse du consortium Ouranos[6] prévoit que la température moyenne du Québec méridional devrait augmenter de deux à quatre degrés d'ici 2050 et de quatre à sept degrés d'ici 2100. La synthèse du consortium Ouranos évoque un accroissement des conditions de sécheresse, particulièrement en saison estivale.

Les modifications climatiques auront vraisemblablement d'importantes répercussions sur l'hydrologie du Québec méridional. Comme ces changements influent sur toutes les composantes du cycle de l'eau qui interagissent entre elles, la nature de ces répercussions est complexe.

Les principales conséquences sur l'hydrologie sont les suivantes :

- Les étiages seront plus importants en été sur l'ensemble du territoire, découlant d'une plus forte évapotranspiration, ce qui augmentera la pression exercée sur l'approvisionnement en eau, les écosystèmes aquatiques et diverses activités récréatives;

- Le cycle de l'eau sera globalement modifié et présentera une hydraulicité plus forte en hiver, plus faible en été et plus forte dans le nord du territoire, ce qui aura notamment des répercussions sur la production hydroélectrique.

Toutefois, l'intensité de ces répercussions varie de façon importante selon les caractéristiques des rivières et leur emplacement sur le territoire.

FORCES

- Urbanisation[1]
- Activités industrielles[2]
- Activités agricoles[2]
- Prélèvements d'eau[2]

IMPACTS

- Problèmes d'alimentation en eau potable[2]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)[3]
- Problème d'approvisionnement en eau pour des activités industrielles[2]
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques[1]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

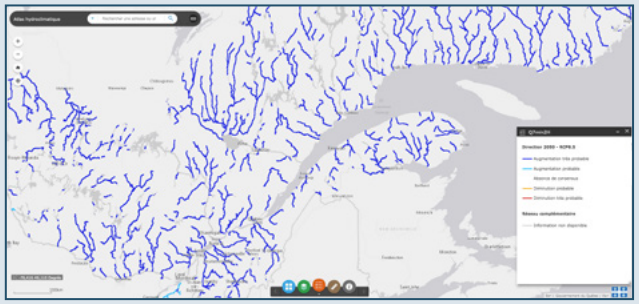
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[4]

Pour plus de détails sur les répercussions appréhendées des changements climatiques sur le régime hydrique des cours d'eau du Québec méridional, on peut consulter l'*Atlas hydroclimatique du Québec méridional*[5] (http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique) de même que le document d'accompagnement[4] (www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/doc-accompagnement.pdf). L'*Atlas* présente l'état des connaissances sur la disponibilité actuelle et future des ressources en eau de surface du Québec méridional. On y décrit l'impact des changements climatiques sur les débits d'eau en rivières aux horizons 2030, 2050 et 2080 sur plus de 1 500 tronçons de rivières du Québec méridional.

En regard des conditions d'étiage, les simulations réalisées pour la production de l'*Atlas* indiquent que :

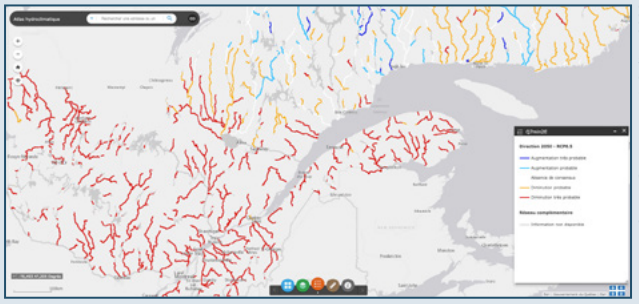
- Les étiages hivernaux connaitront une augmentation très probable des débits à l'horizon 2050 par rapport à la période de référence 1970-2000. Pour le scénario pessimiste, l'ampleur de cette augmentation des débits pourrait même s'établir de 42 % à 54 % pour la portion du territoire québécois située au sud du fleuve Saint-Laurent (figure 2);

Figure 2A Projections pour l'étiage hivernal (Q_7min_{2H}) à l'horizon 2050 pour le scénario RCP8.5 (Direction du changement)



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Figure 3A Projections pour l'étiage estival (Q_7min_{2E}) à l'horizon 2050 pour le scénario RCP8.5 (Direction du changement)



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Figure 2B Projections pour l'étiage hivernal (Q_7min_{2H}) à l'horizon 2050 pour le scénario RCP8.5 (Ampleur du changement)



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Figure 3B Projections pour l'étiage estival (Q_7min_{2E}) à l'horizon 2050 pour le scénario RCP8.5 (Ampleur du changement)



Source: Gouvernement du Québec, 2020

- Les étiages estivaux connaitront une diminution très probable des débits à l'horizon 2050 par rapport à la période de référence 1970-2000, sur presque tout le territoire québécois, sauf pour le secteur de la rive nord à l'est du lac Saint-Jean où le signal de direction est moins tranché. L'ampleur de cette diminution des débits pourrait même s'établir de 42% à 54% pour la Capitale-Nationale, la Mauricie et les Laurentides notamment. À noter que le niveau de confiance est limité pour l'ensemble des indicateurs d'étiages estivaux (figure 3).

RÉPONSES

AUTRES

- Développement et mise à jour d'atlas
  Atlas hydroclimatique du Québec méridional[5]
  http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique
  et son document d'accompagnement[4]
  http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/doc-accompagnement.pdf
- Réseaux de suivi
  - Réseau hydrométrique québécois[7]
    https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/reseau/index.htm

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Le réseau hydrométrique québécois[7]
  https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/reseau/index.htm
- *Atlas hydroclimatique du Québec méridional*[5]
  http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique
  et son document d'accompagnement[4]
  http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/doc-accompagnement.pdf

RÉFÉRENCES

1. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** *Guide de gestion des eaux pluviales*, dans le site du ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/pluviales/chap2.pdf.
2. **ANNIE-CLAUDE PARENT ET FRANÇOIS ANCTIL** (2012). *Pour des mesures de conservation et d'utilisation efficace de l'eau adaptables aux changements climatiques pour le bassin du fleuve Saint-Laurent*, Université Laval, [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportAnctil2012_FR.pdf.
3. *La qualité de l'eau et les usages récréatifs*, **ABRINORD**, [En ligne], https://www.abrinord.qc.ca/la-qualite-de-leau-et-les-usages-recreatifs/ (page consulté en mai 2020).
4. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2018). Document d'accompagnement de l'*Atlas hydroclimatique du Québec méridional 2018*, [En ligne], http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/doc-accompagnement.pdf.
5. *Atlas hydroclimatique du Québec méridional* (2018), [En ligne], http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique.
6. **OURANOS** (2015). Vers l'adaptation. *Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*. Édition 2015. Montréal, Québec: Ouranos. 415 p., [En ligne], https://www.ouranos.ca/synthese-2015/.
7. **LE RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE QUÉBÉCOIS**, [En ligne], https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/reseau/index.htm.



Sels de voirie – chlorures et ions majeurs associés

INDICATEUR EN DÉVELOPPEMENT

Au Canada, les sels de voirie servent, en hiver, à l'entretien des routes (déglaçage et antigivrage) et, en été, à la réduction de la poussière (abat-poussières)[3]. Près de cinq millions de tonnes de sels de voirie sont utilisées au Canada chaque année, dont environ 1,5 million au Québec[1,2,7,8]. De ces quantités, environ 200 000 tonnes sont utilisées au Canada comme abat-pourrières[2]. Les municipalités épandent 50 % des sels de voirie utilisés au Québec et au Canada, les organisations provinciales près de 47 %, alors que moins de 3 % de ceux-ci sont utilisés par les organisations fédérales et privées[1,7]. La problématique provient de leur utilisation sur les routes et parfois des zones d'entreposage.

En 1995, les sels de voirie ont été ajoutés à la liste des substances d'intérêt prioritaire (LSIP) de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*[2,4]. Plus précisément, quatre types de fondants chimiques ont été visés en fonction de leur utilisation importante sur le réseau routier canadien: le chlorure de sodium (NaCl), le chlorure de calcium ($CaCl_2$), le chlorure de magnésium ($MgCl_2$), ainsi que le chlorure de potassium (KCl). En raison de son faible coût et de son efficacité en tant que fondant chimique, le chlorure de sodium (NaCl) demeure aujourd'hui le produit le plus couramment utilisé au Canada[2]. Les produits abat-poussières sont la plupart du temps composés de chlorure de calcium et parfois de chlorure de magnésium (ou un mélange des deux)[2].

Les sels de voirie se dissolvent dans l'eau sous forme de chlorure et de cations associés (calcium, potassium, magnésium et sodium). Le sodium e fixe surtout dans le sol tandis que les chlorures, très mobiles, sont lessivés et entrainés vers les eaux de surface ou souterraines. Près de 55 % des chlorures épandus sous forme de sels de voirie s'infiltrent dans les eaux souterraines, alors qu'environ 45 % se retrouvent dans les eaux de surface[2]. Ils peuvent se retrouver en concentrations suffisantes pour représenter un risque pour la faune et la flore terrestre, ainsi que pour les

DESCRIPTION

Les sels de voirie servent, en hiver, à l'entretien des routes (déglaçage et antigivrage) et, en été, à la réduction de la poussière. Les plus utilisés au Canada sont le chlorure de sodium (NaCl), le chlorure de calcium ($CaCl_2$), le chlorure de magnésium ($MgCl_2$) et le chlorure de potassium (KCl). Les sels de voirie sont sur la liste des substances d'intérêt prioritaire (LSIP) de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*.

Rédigée par: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Collaboration: **Direction de l'environnement**
Ministère des Transports du Québec

organismes du milieu aquatique. Ils peuvent également engendrer des coûts importants pour la décontamination de l'eau potable et détériorer les infrastructures[1,2,7].

Afin de réduire ces effets négatifs sur l'environnement, tout en maintenant le transport sécuritaire des personnes et des biens, le ministère des Transports du Québec (MTQ) a lancé en 2010 la Stratégie québécoise pour une gestion environnementale des sels de voirie. Les partenaires de cette stratégie invitent les administrations publiques et privées à adopter une gestion plus efficiente, en se dotant d'un plan de gestion environnementale des sels de voirie (PGESV) qui est basé sur les meilleures pratiques reconnues dans ce domaine et qui prend en compte les impacts environnementaux des activités liées à ceux-ci[6,7].

En 2019, une première enquête quinquennale a été réalisée par le MTQ auprès des municipalités du Québec afin d'en connaître davantage sur la mise en œuvre des meilleures pratiques de gestion des sels de voirie. En plus du MTQ, 64 municipalités ont rempli volontairement le sondage en ligne. Les résultats sont disponibles sur le site Web de la Stratégie québécoise pour une gestion environnementale des sels de voirie[8].

Par ailleurs, le MTQ est depuis longtemps sensibilisé à l'importance d'atténuer les conséquences des sels de voirie, et cherche constamment à établir et à mettre en place des mesures de mitigation efficaces. Au cours des dernières années, il a notamment élaboré une méthode d'entretien alternative, connue sous le nom d'écoroute d'hiver, afin de protéger les zones particulièrement vulnérables aux sels de voirie. Ce mode d'entretien privilégie une intensification des interventions de grattage et l'utilisation d'abrasifs aux endroits critiques du réseau pour assurer la sécurité routière. Toutefois, dans certaines circonstances, l'utilisation de sels de voirie demeure la méthode préconisée, notamment lorsque la chaussée est glacée, de même qu'aux endroits critiques, comme dans les pentes, les courbes et les arrêts. Le MTQ prévoit augmenter le nombre d'écoroutes d'hiver sur son réseau au cours des prochaines années.

Depuis près de 40 ans, le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) assure un suivi de la qualité de l'eau des principales rivières du Québec méridional, dans le cadre des activités du Réseau-rivières[9]. Le Réseau-rivières compte 261 stations, dont 185 sont échantillonnées sur 12 mois et 76 sur 8 mois (la période où l'eau est libre de glace).

Les concentrations de métaux, ainsi que de chlorures et des cations associés (calcium, potassium, magnésium et sodium), sont mesurées annuellement (mai à octobre) depuis 2008 à l'embouchure de neuf rivières se déversant dans le fleuve Saint-Laurent[5]. D'autres suivis de ces paramètres ont été réalisés sporadiquement depuis 1979.

ENCART

CATIONS MAJEURS DANS LES LACS

Les cations majeurs – sodium, calcium, potassium, magnésium – jouent un rôle important dans les caractéristiques physicochimiques et biologiques de l'eau des lacs. Le climat, les dépôts acides et l'ensemble des caractéristiques des bassins versants (géologie, occupation du territoire, densité du réseau routier, coupe forestière) sont parmi les facteurs qui peuvent influencer les concentrations de cations dans les lacs. On observe notamment une diminution des concentrations de calcium dans plusieurs lacs d'Amérique du Nord. Cette baisse peut amener des modifications de l'abondance relative des espèces qui ont des exigences élevées en calcium, ce qui pourrait induire des changements importants dans la chaîne trophique. Un petit cladocère (*Holopedium glacialis*) peut alors être favorisé, ce qui peut avoir une incidence sur un phénomène appelé la gélification des lacs. Les données actuellement disponibles sur les cations dans les lacs du Québec remontent aux années 1970 et 1980.

Afin de documenter la problématique des sels de voirie dans les cours d'eau du Québec méridional, une meilleure couverture spatiale et temporelle de ce suivi était nécessaire. En effet, peu de rivières font l'objet du suivi actuel et les périodes les plus propices à l'accumulation et au ruissellement des sels de voirie dans l'environnement, soit l'hiver et le printemps, ne sont pas couvertes par celui-ci.

Un suivi des paramètres associés aux sels de voirie, soit les chlorures et les ions associés (calcium, magnésium, potassium et sodium), a donc été ajouté en avril 2019 à près de 220 des 261 stations du Réseau-rivières, dans le cadre d'un projet issu de la Stratégie québécoise sur l'eau[10]. Ce suivi sera mené jusqu'en mars 2021, soit durant deux ans. Cette étude permettra de vérifier la présence de ces constituants et d'étudier leur dynamique annuelle dans les cours d'eau du Québec méridional.

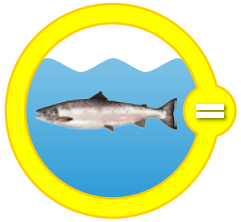
Dans le même ordre d'idées, un projet visant à obtenir un portrait récent de la situation des cations majeurs (sodium, calcium, potassium, magnésium) dans les lacs a débuté en 2016. Son objectif est de documenter ces ions dans tous les lacs du Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL) d'ici 2022.

POUR EN SAVOIR PLUS...

- *Atlas de l'eau*[5]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas

RÉFÉRENCES

1. **ENVIRONNEMENT CANADA** (2012). *Five-year review of progress: Code of practice for the environmental management of road salts*, Canada, ISBN: 978-1-100-19682-4, 39 p. et 7 annexes.
2. **ENVIRONNEMENT CANADA ET SANTÉ CANADA** (2001). *Rapport d'évaluation de la liste des substances d'intérêt prioritaire – Sels de voirie*, Ottawa, Environnement Canada, ISBN 0-662-86219-8, 188 p.
3. **ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA** (ECCC) (2017). « Aperçu des sels de voirie », dans le site du ministère de l'Environnement et du Changement climatique du gouvernement du Canada, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/polluants/sels-voirie/apercu.html (page consultée le 5 août 2019).
4. **ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA** (ECCC) (2018). « Les sels de voiries: foire aux questions – Évaluation scientifique », dans le site du ministère de l'Environnement et du Changement climatique du gouvernement du Canada, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/polluants/sels-voirie/foire-questions.html (page consultée le 5 août 2019).
5. *Atlas de l'eau*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas.
6. **MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC** (2019). « Gestion environnementale des sels de voirie: Gestion environnementale des sels de voirie », dans le site du ministère des Transports du gouvernement du Québec, [En ligne], https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/gestion-environnementale-sels-voirie/pages/default.aspx (page consultée le 6 août 2019).
7. **MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC** (2019). « Gestion environnementale des sels de voirie: saviez-vous que... », dans le site du ministère des Transports du gouvernement du Québec, [En ligne], https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/gestion-environnementale-sels-voirie/Pages/saviez-vous.aspx (page consultée le 5 août 2019).
8. **MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC** (2019). *Stratégie québécoise pour une gestion environnementale des sels de voirie*, Québec, ISBN: 978-2-550-84075-6, 16 p., [En ligne], https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/gestion-environnementale-sels-voirie/bilan-quebecois/Documents/strategie-gestion-env-sels-voirie-mai-2019.pdf.
9. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MDDELCC) (2014). *Le Réseau-rivières d'hier à aujourd'hui*. Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-70698-4, 15 p. et 1 annexe, [En ligne], http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/reseau-rivieres-hier-aujourd.pdf.
10. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MDDELCC) (2018). *Stratégie québécoise de l'eau 2018-2030*, 80 p., [En ligne], http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/strategie-quebecoise .



Seuil de conservation du saumon

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

Le Québec compte 111 rivières (et leurs tributaires) reconnus comme rivières à saumon atlantique par le *Règlement de pêche du Québec* (DORS/90-214). Comme certains tributaires de ces rivières sont des cours d'eau d'importance, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) gère l'exploitation sportive de manière indépendante sur 114 rivières.

Le seuil de conservation démographique et le seuil de conservation optimal permettent de classer les populations en trois grandes catégories relativement à leur état de situation. Ainsi, la situation est jugée mauvaise si la population n'atteint pas son seuil de conservation optimal ni démographique. La situation est jugée intermédiaire si la population attend son seuil de conservation démographique, mais pas son seuil de conservation optimal. Enfin, la situation est jugée bonne si la population atteint le seuil de conservation démographique et optimal. Ce classement d'état est inspiré de la catégorisation des populations de saumon en fonction des seuils de conservation et est basé sur l'atteinte moyenne au cours des cinq dernières années (figure 2).

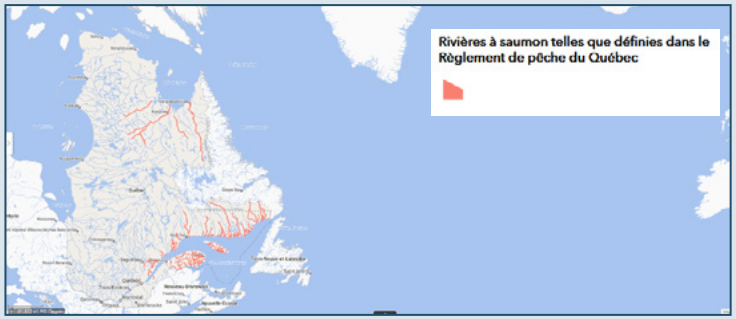
Il est nécessaire de connaître le nombre de saumons en montaison afin de statuer sur l'atteinte des seuils de conservation pour une rivière donnée, ce qui est le cas pour 35 à 40 rivières au Québec annuellement au cours des dernières années. Près de 80 % de la pression de pêche au saumon au Québec est exercée sur des rivières dotées d'un suivi des montaisons, ayant pour effet que cette pression est considérée dans l'état et la tendance de l'indicateur présenté.

L'état de l'indicateur, soit la moyenne d'atteinte des seuils de conservation de saumon pour les 5 dernières années, est calculé sur

DESCRIPTION

Des seuils de conservation sont établis afin d'évaluer l'état de santé des populations de saumon atlantique et de suivre les variations temporelles. Ces seuils sont à la base de la gestion de la pêche au saumon « rivière par rivière » effectuée par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs au Québec (MFFP). Ce sont des indicateurs basés sur un indice de qualité de l'habitat (IQH) et sur des modèles démographiques déterminant la production de recrues (jeunes) en fonction de la quantité de reproducteurs. Les points de référence biologique de ces modèles établissent la production optimale d'une rivière (seuil de conservation optimal) et le niveau de production minimal requis pour assurer la pérennité de la population (seuil de conservation démographique). De plus, un seuil de conservation génétique est établi à des fins de préservation de la diversité génétique des populations de saumon de chacune des rivières.

Figure 1 Carte des rivières à saumon telles qu'elles sont définies dans le *Règlement de pêche du Québec*



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Carte des rivières à saumon au Québec en vertu de l'annexe VI du *Règlement de pêche du Québec* (DORS/90-214), incluant leurs limites en amont et en aval.

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune aquatique**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

les 35 rivières disposant d'une série temporelle complète pour cette période. Cette analyse révèle que la plupart des rivières se trouvent dans un état bon ou intermédiaire (figure 3). En effet, seulement 2 rivières se classent dans un état mauvais, alors que respectivement 16 et 17 rivières se classent dans un état intermédiaire et bon. Ce portrait correspond à l'état des montaisons de saumon enregistrées au Québec qui est jugé stable depuis le début des années 2000, malgré des fluctuations annuelles.

Le Québec dispose d'une série temporelle complète de suivi de la montaison sur 21 rivières depuis 1984. Ces données sont utilisées pour présenter la tendance de l'indicateur au cours de cette période. Le niveau moyen d'atteinte du seuil de conservation démographique basé sur ces 21 rivières est présenté à la figure 4. Bien que des variations annuelles soient notables, la tendance générale demeure relativement stable.

Toutefois, ce portrait dressé pour les rivières sur lesquelles les données d'abondances les plus complètes sont disponibles pourrait quelque peu dévier du portrait complet de la situation des 114 rivières à saumon du Québec. En effet, le sous-échantillonnage des populations de saumons pourrait surreprésenter les rivières de régions où les populations vont particulièrement bien. De plus, certaines de celles-ci ont fait l'objet de programmes d'ensemencement et d'aménagement d'habitat. Ces interventions ont généralement des effets bénéfiques sur les populations concernées, ce qui vient contrebalancer le déclin observé dans toute l'aire de répartition de l'espèce.

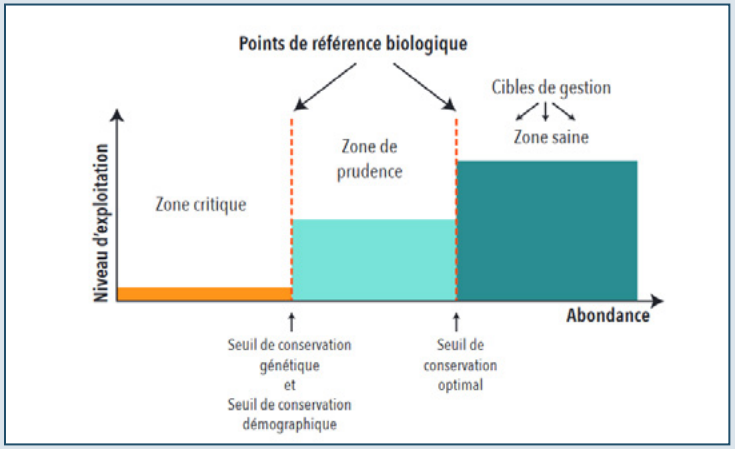
Donc, l'état des rivières à saumon du Québec basé sur l'atteinte des seuils de conservation est jugé intermédiaire avec une tendance au maintien.

PRESSIONS

Une pression commune à plusieurs activités d'origine anthropique concerne les prélèvements d'eau dans les rivières à saumon. Ces prélèvements ont pour effet d'exposer et de réduire l'habitat du saumon, en plus d'accroître les températures d'eau et d'en accentuer les variations[2].

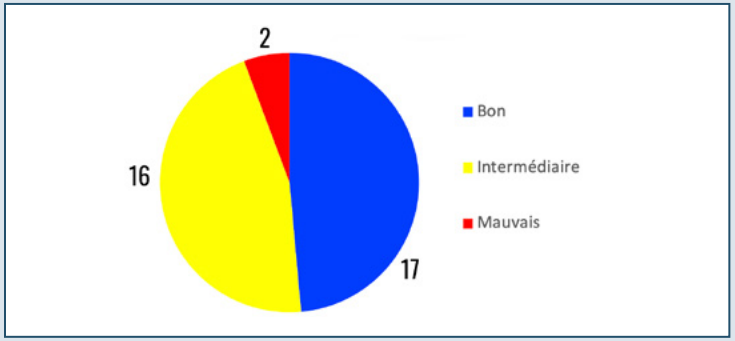
Les eaux usées municipales et résidentielles contiennent des contaminants qui, lorsqu'ils sont déversés dans les rivières à saumon, peuvent notamment perturber le système endocrinien et affecter la survie ou encore avoir des effets sur l'alimentation et la croissance[2]. Les déversements d'eaux usées dans les rivières à saumon associées aux activités industrielles peuvent

Figure 2 Catégorisation des populations de saumon en fonction des seuils de conservation



Utilisation des seuils de conservation dans la gestion de l'exploitation sportive du saumon atlantique au Québec[1].

Figure 3 État des rivières à saumon au cours des 5 dernières années



État de 35 rivières à saumon ayant fait l'objet d'un dénombrement au cours des 5 dernières années.

- Bon: population en moyenne au-dessus du seuil de conservation optimal;
- Intermédiaire: population en moyenne au-dessus du seuil de conservation démographique, mais en dessous du seuil de conservation optimal;
- Mauvais: population en moyenne sous le seuil de conservation optimal et démographique.

Par souci d'uniformisation et de simplification, seuls les seuils de conservation optimal et démographique ont été utilisés pour décrire l'état de l'indicateur, contrairement à la catégorisation des rivières effectuée pour la gestion de l'exploitation sportive (figure 2) qui intègre davantage de critères, tel le seuil de conservation génétique.

contribuer à l'exacerbation des concentrations de contaminants dans les cours d'eau. De plus, le dépôt de polluants atmosphériques d'origine industrielle entraîne l'acidification des cours d'eau, un phénomène néfaste pour le saumon[2].

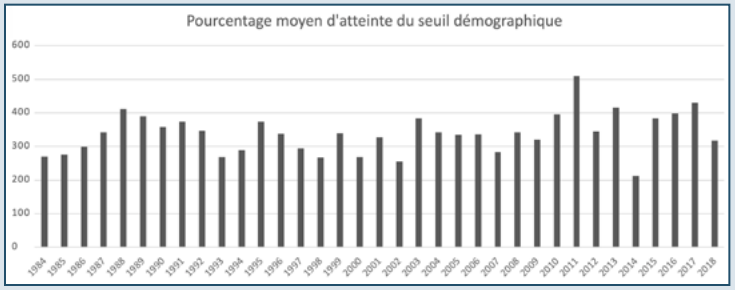
Les activités forestières et agricoles dans le bassin versant des rivières à saumon ont de nombreux impacts. On observe notamment une augmentation du ruissellement et de l'apport de sédiments dans les rivières causé par le retrait de la végétation. Le ruissellement occasionne un apport de polluants supplémentaires dans les cours d'eau. Les sédiments fins peuvent quant à eux se déposer sur les frayères, ayant pour effet de réduire l'apport en oxygène des œufs en incubation[3]. L'infiltration de sédiments dans le fond des cours d'eau est également une cause de diminution de la survie, de l'émergence et de la survie en hiver des juvéniles[2].

Parmi les forces agissant sur le saumon, l'agriculture est celle qui occasionne le plus grand apport de pesticides dans les cours d'eau. Ces substances peuvent avoir des effets chroniques sur le saumon impliquant une mortalité cumulative accrue[2].

Les ponceaux associés aux infrastructures de transport, construits principalement par la voirie forestière, occasionnent une fragmentation de l'habitat lorsque ceux-ci sont infranchissables par le poisson. Cet effet augmente en importance si les infrastructures sont mal construites[2] ou avec le temps, au fur et à mesure qu'elles vieillissent et sont potentiellement laissées à l'abandon[4]. Cette pression s'exerce majoritairement sur les jeunes stades de vie en raison de leur capacité de nage inférieure.

Les pressions sur les populations de saumon atlantique causées par les barrages sont variables en fonction de plusieurs facteurs intrinsèques à ces structures. Mentionnons qu'il faut notamment évaluer le type de construction (avec ou sans retenue d'eau), son emplacement dans le parcours migratoire en rivière ainsi que la présence de passe migratoire et, le cas échéant, son aménagement, pour ensuite déterminer les impacts de la structure. De manière générale, les barrages entraînent une régulation du débit qui modifie l'hydrologie naturelle, ayant entre autres pour effet de réduire l'habitat productif résultant des crues, en plus de contribuer à la modification du régime thermique naturel et à l'augmentation de la température de l'eau[2]. Ces structures modifient également les processus naturels de transport de sédiments[2]. Les barrages hydroélectriques peuvent occasionner de la mortalité chez les saumoneaux et les post-reproducteurs qui empruntent la conduite forcée et ultimement les turbines ou encore qui se font plaquer contre les grilles à l'entrée de cette conduite. Finalement, la présence d'une passe migratoire et sa franchissabilité influencent les dépenses énergétiques associées du saumon en migration et la capacité des adultes à atteindre les sites de fraie.

Figure 4 Pourcentage moyen d'atteinte du seuil de conservation démographique de 21 rivières pour lesquelles un suivi de l'abondance est effectué depuis 1984



Indice moyen d'abondance calculé annuellement en fonction l'atteinte du seuil de conservation démographique des 21 rivières.

FORCES

- Urbanisation[2]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[2]
- Pêche récréative ou de subsistance[1,2]
- Infrastructures de transport[2,3,4]
- Activités industrielles[2]
- Activités forestières[2,3,4]
- Activités agricoles[2]
- Gestion des barrages[2]
- Prélèvements d'eau[2]
- Présence d'espèces compétitrices introduites par l'homme[5]

L'intégrité de la faune ichthyenne a été modifiée par l'homme au fil du temps. Pour le saumon, l'introduction d'espèces comme la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) a contribué à augmenter la compétition interspécifique, ayant nécessairement un effet négatif sur les populations[5].

Enfin, la pêche récréative et de subsistance (alimentaire, rituelle et sociale) joue un rôle dans l'atteinte des seuils de conservation puisque cette pression est exercée sur des individus matures. Les femelles ainsi prélevées ne pourront contribuer à la reproduction et à l'atteinte du nombre d'œufs requis par les seuils de conservation. De plus, on considère une certaine mortalité associée à la remise à l'eau des saumons pêchés, même si cette méthode largement pratiquée et encouragée au Québec est reconnue comme une modalité de gestion durable de la ressource[1].

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les principaux impacts des changements climatiques en rivière sur le saumon sont le réchauffement de l'eau et l'augmentation de la fréquence et de la sévérité des étages en période estivale, deux facteurs fortement corrélés. Dans ces conditions, le saumon est soumis à un stress thermique qui peut même le mener jusqu'à la mort. Les saumons en situation de stress thermique doivent se réfugier dans les refuges thermiques, ce qui peut les rendre vulnérables. Le MFFP mène des travaux visant à recenser les refuges thermiques des rivières à saumon en plus d'effectuer un suivi rigoureux de la température sur une quarantaine de rivières annuellement.

Les modalités de pêche sportive établies par le MFFP doivent prendre en considération les changements climatiques. Des mesures de gestion de la pêche dans des conditions de stress thermique font actuellement l'objet d'un projet d'expérimentation au Québec. Le MFFP réalise un projet de recherche sur le succès reproducteur des saumons pêchés et remis à l'eau dans des conditions de stress thermique critique afin d'évaluer l'impact des activités de pêche sportive. Ce projet est réalisé en collaboration avec l'Université Laval.

IMPACTS

- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)
- Perte ou limitation de la pêche commerciale
- Perte nette d'habitats fauniques
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Diminution de la couverture de glace (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[2]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[2]
- Modification de l'écosystème océanique[2]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)[3]
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)[3]
- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)[1]
  - *Règlement de pêche du Québec* (DORS/90-214)[1]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
  - Plan de développement de la pêche au saumon 2017-2022
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de projets de restauration et d'aménagement d'habitats
- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)

AUTRES

- Imposition de mesures d'exploitation restrictives et de quotas[1]
  - Diminution du contingent annuel par pêcheur, dont au plus 1 grand saumon[1]
  - Gestion de la pêche en température d'eau élevée (saumon)[1]
  - Prélèvement orienté vers les mâles (saumon)[1]
  - Remise à l'eau (obligatoire tout segment ou grands saumons)[1]
- Recherche gouvernementale

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Bilan de l'exploitation du saumon au Québec en 2018[1]
  https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/Bilan_exploitation-saumon_2018.pdf
- Une gestion de la pêche au saumon adaptée aux conditions thermiques des rivières
  https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/plans-de-gestion/saumon-atlantique/projet-experimental-ete-2020/

RÉFÉRENCES

1. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2016). *Plan de gestion du saumon atlantique 2016-2026*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, 40 p., [En ligne], https://mffp.gouv.qc.ca/faune/peche/pdf/PG_saumon_FR.pdf.
2. **COSEPAC** (2010). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le saumon atlantique (Salmo salar) au Canada*. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, i + 162 p.
3. **FQSA-DGR** (2012). *Développement de stratégies et de modalités de protection de l'habitat du saumon atlantique dans un contexte de gestion intégrée faune-forêt*. Publié par la Fédération québécoise pour le saumon atlantique (FQSA), 142 p.
4. **GAGNON-POIRÉ, ROSEMARIE** (2017). *Fragmentation de l'habitat du saumon atlantique (Salmo salar) par les ponceaux routiers et forestiers*. Université du Québec. Institut national de la recherche scientifique, 84 p.
5. **THIBAULT, ISABEL** (2010). *Invasion de la truite arc-en-ciel* (Oncorhynchus mykiss) *dans l'Est du Québec*, 144 p.

FLEUVE

- Communautés de poissons du fleuve
- Contaminants émergents: le cas des composés perfluorés
- Contamination des poissons par les toxiques en eau douce
- Indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes
- Mobilité de la ligne de rivage du fleuve
- Pesticides dans le lac Saint-Pierre
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Plantes aquatiques exotiques envahissantes
- Population de sauvagine
- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Radionucléides artificiels dans les eaux de surface et souterraines
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)
- Sites potentiels de baignade du fleuve



Communautés de poissons du fleuve

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Ne s'applique pas; trop grande variabilité des paramètres.

L'état des communautés de poissons du fleuve Saint-Laurent est très variable entre les secteurs et les espèces, et l'utilisation de plusieurs indicateurs est essentielle afin d'en représenter toutes les nuances. Malgré la grande variabilité affichée par les divers indicateurs, l'état global des communautés de poissons est jugé intermédiaire. La variabilité entre les secteurs et les espèces ne permet pas d'établir une tendance globale sur l'état des communautés de poissons.

INDICE D'INTÉGRITÉ BIOTIQUE (IIB)

L'IIB est un indice composé de 12 descripteurs reflétant diverses facettes de la communauté de poissons (diversité, abondance, niveau trophique, tolérance à la pollution, anomalies externes, etc.)[2]. L'IIB a été calculé pour en comparer l'évolution sur trois périodes temporelles: 1995-1997, 2001-2006 et 2007-2012. Toutefois, la réduction de l'effort d'échantillonnage durant certaines années d'échantillonnage ne permet plus de calculer l'IIB après 2012[1].

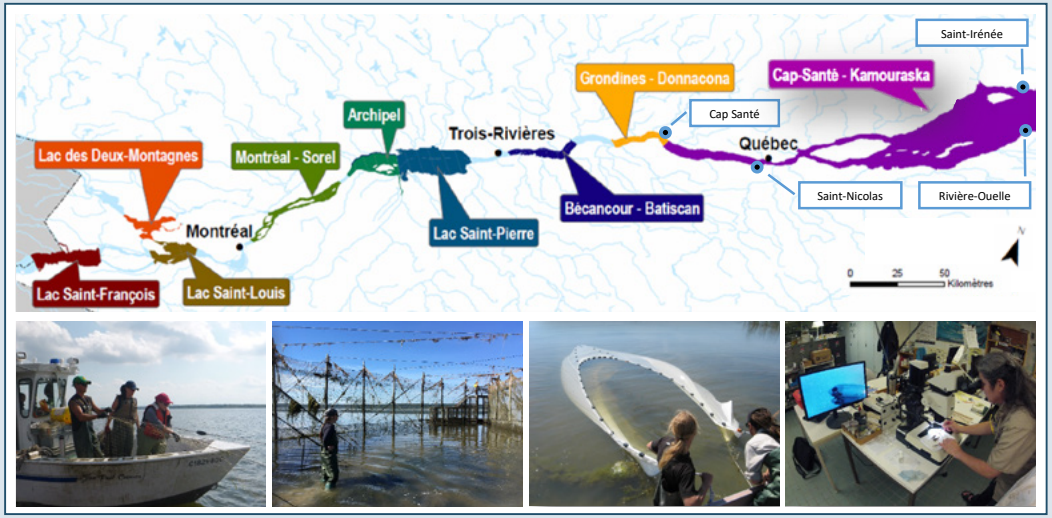
Les résultats de l'IIB pour la période de 1995 à 2012 révèlent un état de santé faible à moyen des communautés de poissons du tronçon fluvial (figure 2). La comparaison entre les périodes 1995-1997 et 2007-2012 indique une certaine amélioration des valeurs de l'indice. On observe une diminution de 10 % du nombre de segments du fleuve ayant une valeur d'IIB faible et une diminution de 5 % des segments ayant une valeur très faible (figure 2). Cependant, seulement 3 % des segments du fleuve présentaient, durant la période 2007-2012, un état jugé bon. Bien qu'une approche par IIB soit pertinente dans divers types de cours d'eau du Québec, l'interprétation de l'IIB est délicate dans un système complexe comme le fleuve Saint-Laurent. Ainsi, l'utilisation de plusieurs autres indicateurs, analysés séparément, est nécessaire pour statuer adéquatement sur l'état des communautés de poissons du Saint-Laurent[1].

DESCRIPTION

Mis en place en 1995 par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), le Réseau de suivi ichtyologique (RSI) permet de suivre l'état des communautés de poissons, de certaines populations et aussi de leurs habitats dans la portion fluviale du Saint-Laurent. Le Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire (RIPE), créé en 2009 par le MFFP, vise à compléter ce portrait pour le secteur de l'estuaire moyen (figure 1). Ces réseaux ont été utilisés comme principales sources de données. Afin de dresser le portrait actuel de l'état des communautés de poissons et des habitats aquatiques du Saint-Laurent et de statuer sur l'évolution de ces composantes, différents indicateurs d'état ont été utilisés: (1) l'indice d'intégrité biotique et (2) l'état des stocks de certaines espèces exploitées par la pêche récréative et commerciale. À noter que cette fiche ne présente pas tous les indicateurs utilisés pour statuer sur l'état des communautés de poissons du Saint-Laurent. Pour un portrait plus exhaustif, voir Paradis et collab., 2020[1].

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune aquatique**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

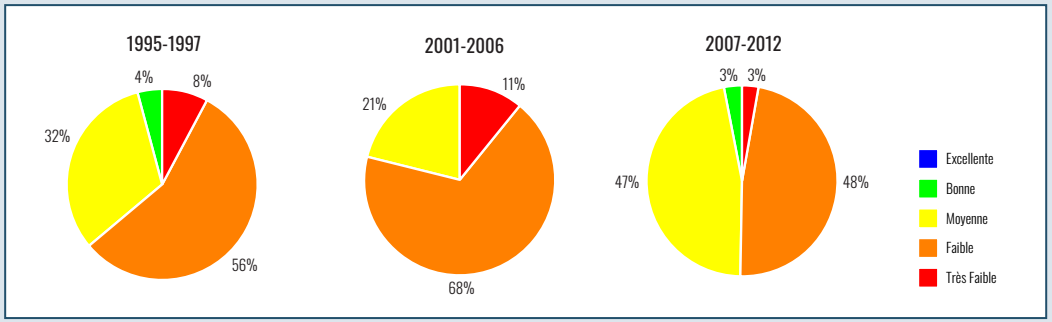
Figure 1 Territoire à l'étude



Photos: MFFP

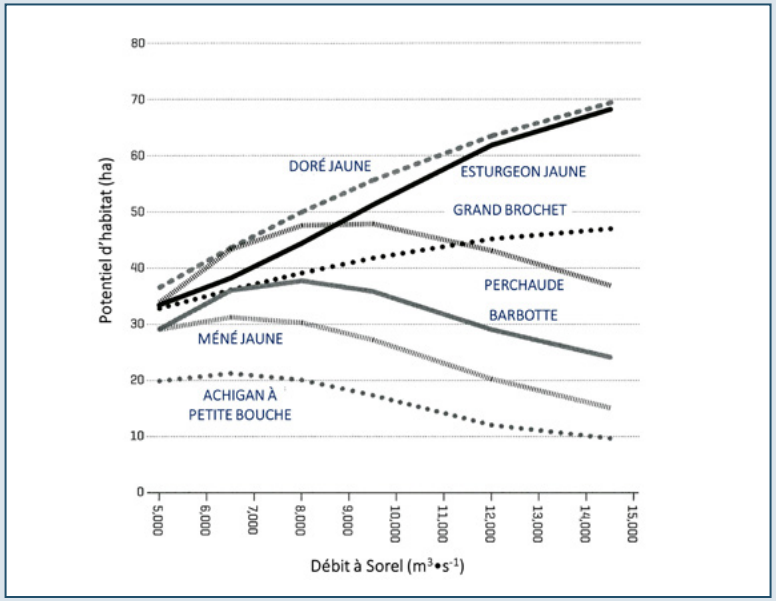
Les principaux secteurs du fleuve Saint-Laurent échantillonnés dans le cadre du Réseau de suivi ichtyologique (RSI) et du Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire (RIPE). L'échantillonnage du RSI utilise le filet maillant et la seine de rivage dans la portion fluviale du Saint-Laurent, alors que l'échantillonnage du RIPE utilise la trappe fixe dans quatre sites de l'estuaire situés à Cap-Santé, à Saint-Nicolas, à Saint-Irénée et à Rivière-Ouelle.

Figure 2 Indice d'intégrité biotique (IIB)



Proportion des valeurs de l'IIB calculées pour différents secteurs du fleuve Saint-Laurent (lac Saint-François, lac Saint-Louis, archipel et lac Saint-Pierre et Bécancour-Batiscan) pour trois périodes d'échantillonnage. Pour chacun des secteurs, une valeur de l'IIB a été calculée par segment de 5 km et séparément pour les rives nord et sud (délimitées par le chenal de navigation).

Figure 3 Relations entre les superficies d'habitat potentiel de différentes espèces de poissons et le débit du fleuve Saint-Laurent



Relations entre les superficies d'habitat potentiel de différentes espèces de poissons et le débit du fleuve Saint-Laurent[10].

ÉTAT DES STOCKS DE CERTAINES ESPÈCES EXPLOITÉES

Une trentaine d'espèces dulcicoles, anadromes et catadromes sont exploitées sportivement ou commercialement dans le Saint-Laurent[3]. Pour les besoins de cette fiche, seulement quelques espèces, représentatives des différents secteurs du tronçon fluvial et de l'estuaire, seront traitées. L'état des principales espèces exploitées du Saint-Laurent fluvial et de l'estuaire est très variable d'une espèce à l'autre et parfois entre les secteurs du fleuve, et ce, pour une même espèce (tableau 1).

Plusieurs changements rapides survenus au cours des deux dernières décennies dans les caractéristiques des habitats aquatiques et dans la structure des communautés de poissons témoignent d'un écosystème en évolution qui tend à se dégrader dans certains secteurs. Plusieurs stocks de poissons exploités ont connu, au fil des années, des épisodes de déclin. Bien que certaines espèces aient pu se rétablir grâce à des mesures restrictives de gestion, d'autres tardent à se relever en raison de plusieurs facteurs autres que la pression de pêche.

Tableau 1 État des stocks de quelques espèces de poissons du fleuve Saint-Laurent et liste non exhaustive des pressions et perturbations qu'elles subissent

	État des stocks	Principales pressions	Mesures de gestion
Esturgeon jaune (Aval de Beauharnois)		• Pêche • Fragmentation de l'habitat • Destruction de frayères	• Suivi des pêches commerciales. • Mise en place de nouvelles modalités d'exploitation commerciale et sportive. • Aménagement de frayères.
Doré jaune		• Pêche • Dégradation de l'habitat	• Élaboration d'un plan de gestion. • Mise en place d'une gamme de tailles exploitées (37-53 cm) applicables à la pêche sportive et commerciale.
Grand brochet		• Pêche • Perte de sites de fraie en plaine inondable et d'herbiers aquatiques submergés • Niveaux d'eau	• Réévaluation des modalités d'exploitation à venir. • Déploiement d'un plan d'action interministériel concerté (*Stratégie d'intervention pour l'avenir du lac Saint-Pierre*).
Anguille d'Amérique		• Fragmentation de l'habitat • Mortalité par turbinage • Pêche	• Élaboration d'un plan d'action ministériel. • Réduction de 50 % du taux d'exploitation commerciale des anguilles argentées par le rachat de permis de pêche. • Installation de passes migratoires. • Transferts d'anguilles.
Perchaude (Lac Saint-Pierre)		• Perte de sites de fraie en plaine inondable et d'herbiers aquatiques submergés • Pêche (actuellement fermée)	• Moratoire sur la pêche sportive et commerciale. • Suivi de l'état des stocks. • Déploiement d'un plan d'action interministériel concerté (*Stratégie d'intervention pour l'avenir du lac Saint-Pierre*).

Pour plus d'information, voir Paradis et collab., 2020[1].

Pour les espèces en situation précaire, des échantillonnages plus intensifs et orientés spécifiquement sur certaines d'entre elles ont révélé de nombreuses occurrences au cours des dernières années, notamment dans les tributaires du fleuve Saint-Laurent. Ces nouvelles informations mettent en lumière le rôle incontournable des tributaires et l'importance d'actualiser les informations fauniques dans ces milieux.

Les défis actuels et futurs ne sont pas tous associés à des déclins d'espèces ou à des dégradations et des pertes d'habitats.

L'amélioration de l'état des stocks d'esturgeon jaune et la réintroduction réussie du bar rayé dans le fleuve Saint-Laurent témoignent de la résilience de l'écosystème et de la possibilité de reconquérir un potentiel qui avait été perdu. De plus, plusieurs nouvelles frayères ont été découvertes au cours des dernières années dans différents secteurs, ce qui contribue grandement à localiser les habitats critiques des poissons du Saint-Laurent et à en guider la protection.

PRESSIONS

Au cours des dernières décennies, certaines espèces de poissons exploitées par la pêche ont connu des déclins. Heureusement, des modalités de gestion appropriées ont permis, dans certains cas, de rétablir l'état des populations à un niveau soutenable d'exploitation (ex.: esturgeon jaune et doré jaune). Cependant, certains stocks exploités par la pêche récréative et commerciale tardent à se rétablir et montrent toujours des signes d'effondrement ou de faible abondance, malgré les multiples mesures mises en place pour les rétablir (ex.: anguille d'Amérique et perchaude au lac Saint-Pierre). Cela démontre que d'autres facteurs que la pêche doivent être considérés (ex.: qualité et superficie d'habitats[5,6,7], qualité de l'eau[5], connectivité entre les habitats[3], présence d'espèces envahissantes[9], etc.) (voir le tableau 1) et intégrés dans les plans de gestion ou de rétablissement des espèces.

Les principaux défis pour rehausser l'état des communautés de poissons dans la prochaine décennie seront notamment:

1. Une amélioration de l'état des herbiers aquatiques et de la plaine d'inondation du lac Saint-Pierre;
2. Une amélioration du niveau d'abondance de certaines espèces exploitées (ex.: anguille d'Amérique, perchaude au lac Saint-Pierre);
3. Une amélioration de la qualité de l'eau et de l'intégrité des habitats fréquentés par les différences espèces en situation précaire (voir Paradis et collab., 2020, pour une discussion plus détaillée de cet indicateur[1]).

FORCES

- Pêche commerciale[1,4]
- Pêche récréative ou de subsistance[1,4]
- Activités agricoles[1,5,6]
- Gestion des barrages[1,7,8]

IMPACTS

- Perte ou limitation d'activité commerciale de villégiature[1]
- Pertes de services écologiques culturels[1]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)[1]
- Perte ou limitation de la pêche commerciale[1]
- Perte de services écologiques d'approvisionnement[1]
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1]
- Perte nette d'habitats fauniques[5,6,7]
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques[1]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[7]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Dans le fleuve Saint-Laurent, les variations du débit et des niveaux d'eau ont un impact important sur les superficies d'habitat des poissons (figure 3). Les variations de niveaux d'eau du fleuve Saint-Laurent peuvent être attribuables à la régularisation du débit sortant du lac Ontario et aux changements climatiques. Dans le bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, on anticipe que les changements climatiques pourraient causer une diminution importante du débit du fleuve[10]. Une telle diminution aurait un effet marqué sur l'accès au printemps à des habitats essentiels tels que les frayères naturelles et aménagées le long du fleuve Saint-Laurent[11]. Dans un écosystème comme le lac Saint-Pierre, les changements climatiques pourraient donc avoir un effet important sur les habitats de reproduction printaniers d'espèces comme le grand brochet et de la perchaude en raison de leur utilisation de la plaine d'inondation comme habitat de fraie.

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)
  - *Règlement sur les permis de pêche* (RLRQ, c. C-61.1, r. 20.2)
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)
  - *Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (REFMVH) (RLRQ, c. E-12.01, r. 2)
  - *Règlement sur les espèces floristiques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (RLRQ, c. E-12.01, r. 3)
- *Loi sur les pêcheries commerciales et la récolte de végétaux aquatiques* (RLRQ, c. P-9.01)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)
- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Canada)

- Plans de gestion intégrée des pêches par espèces et région

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de campagnes d'échantillonnage ponctuelles
- Financement de projets de restauration et d'aménagement d'habitats
- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)

AUTRES

- Campagnes d'éradication d'espèces exotiques envahissantes
- Campagne de sensibilisation
- Imposition de mesures d'exploitation restrictives et de quotas
- Rapports et publications de sensibilisation
- Recherche gouvernementale
- Réintroduction d'espèces
- Réseaux de suivi

POUR EN SAVOIR PLUS...

- État des communautés de poissons des eaux douces et saumâtres du Saint-Laurent[1]
  https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/etat-population-poissons-fleuve-st-laurent.pdf

RÉFÉRENCES

4. **PARADIS, Y., M. MINGELBIER, P. BRODEUR, N. VACHON, C. CÔTÉ, D. HATIN, M. A. COUILLARD, G. VERREAULT, L. L'ITALIEN, R. POULIOT, A. FOUBERT, F. LECOMTE, É. VALIQUETTE ET D. CÔTÉ-VAILLANCOURT** (2020). *État des communautés de poissons des eaux douces et saumâtres du Saint-Laurent. Plan Saint-Laurent*, 3e édition, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec.

5. **LA VIOLETTE, N., D. FOURNIER, P. DUMONT ET Y. MAILHOT** (2003). *Caractérisation des communautés de poissons et développement d'un indice d'intégrité biotique pour le fleuve Saint-Laurent*, 1995-1997. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, 237 p.

6. **MINGELBIER, M., Y. PARADIS, P. BRODEUR, V. DE LA CHENELIÈRE, F. LECOMTE, D. HATIN ET G. VERREAULT** (2016). « Gestion des poissons d'eau douce et migrateurs dans le Saint-Laurent : mandats, enjeux et perspectives ». *Naturaliste canadien*, 140 (2) : 74-90.

7. **MAILHOT, Y., P. DUMONT, Y. PARADIS, P. BRODEUR, N. VACHON, M. MINGELBIER, F. LECOMTE ET P. MAGNAN** (2015). « Yellow Perch (*Perca flavescens*) in the St. Lawrence River (Québec, Canada) : Population Dynamics and Management in a River with Contrasting Pressures ». *Biology of Perch* (Chapter 5). Edited by Patrice Couture and Greg Pyle. CRC Press, p. 101-147.

8. **GIACOMAZZO, M., A. BERTOLO, P. BRODEUR, P. MASSICOTTE, J. O. GOYETTE ET P. MAGNAN** (2020). « Linking fisheries to watershed: how and use shapes fish habitat quality ». *Science of The Total Environment*, vol. 717.

9. **DE LA CHENELIÈRE, V., P. BRODEUR ET M. MINGELBIER** (2014). « Restauration des habitats du lac Saint-Pierre : un prérequis au rétablissement de la perchaude ». *Naturaliste canadien*, 138 (2) : 50-61.

10. **BRODEUR, P., M. MINGELBIER ET J. MORIN** (2006). « Impact de la régularisation du débit des Grands Lacs sur l'habitat de reproduction du débit des Grands Lacs sur l'habitat de reproduction des poissons dans la plaine inondable du fleuve Saint-Laurent ». *Naturaliste canadien*, 130 (1) : 60-68.

11. **PARADIS, Y.** (2018). *Les espèces aquatiques envahissantes du fleuve Saint-Laurent : bilan de la situation en eau douce*. Plan d'action Saint-Laurent. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 9 p.

12. **MORISSETTE, O., Y. PARADIS, R. POULIOT ET F. LECOMTE** (2018). « Spatio-temporal changes in littoral fish community structure along the St. Lawrence River (Québec, Canada) following round goby (*Neogobius melanostomus*) invasion ». *Aquatic Invasions*, 13 : 501-512.

13. **MINGELBIER, M., ET J. MORIN** (2005). « Modélisation numérique 2D de l'habitat des poissons du Saint-Laurent fluvial pour évaluer l'impact des changements climatiques et de la régularisation ». *Le Naturaliste canadien*, 129 (1) : 96-102.

14. **BRODEUR, P., M. MINGELBIER ET J. MORIN** (2004). « Impact des variations hydrologiques sur les poissons des marais aménagés du Saint-Laurent ». *Le Naturaliste canadien*, 128 (2) : 66-77.



Contaminants émergents : le cas des composés perfluorés

FICHE D'INFORMATION

La production industrielle de produits chimiques a pris son essor au début du xx[e] siècle et s'est accentuée après la Seconde Guerre mondiale, avec des quantités et une variété de produits toujours croissantes. On estime qu'au début des années 2000 il y avait environ 70 000 substances chimiques en usage commercial dans le monde[2].

Au Canada, pour mieux gérer les risques associés aux produits chimiques, une approche globale a été instaurée par la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) de 1999 et le Plan de gestion des produits chimiques (PGPC). Les substances dites « nouvelles », c'est-à-dire mises en marché après 1994, deviennent alors gérées par le *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles*. Les 23 000 produits chimiques en usage commercial avant 1994 ont été catégorisés par le gouvernement fédéral, en fonction des risques qu'ils peuvent poser pour la santé humaine et l'environnement. De ce nombre, 4 300 se sont avérés préoccupants et nécessitent un examen plus poussé[3]. Pour plusieurs substances, l'examen a mené à l'adoption de mesures de contrôle, plus ou moins restrictives selon les risques constatés ou appréhendés. Ces mesures comprennent des incitatifs pour diminuer les rejets dans l'environnement, des restrictions d'usages, jusqu'au bannissement complet de l'utilisation de certains produits.

DESCRIPTION

Au Québec comme ailleurs, des milliers de substances chimiques sont utilisées couramment, dans un très grand nombre de produits de consommation. La présence dans l'environnement d'un grand nombre de ces substances est encore inconnue. L'expression « contaminants émergents », ou « contaminants d'intérêt émergent », désigne des substances dont la présence dans l'environnement est connue depuis relativement peu d'années et dont les risques pour l'humain ou l'environnement ne sont pas encore bien connus. Le terme englobe une grande diversité de substances chimiques entrant dans la fabrication de médicaments, d'enduits imperméabilisants, de produits ignifuges, de détergents, etc. Les microplastiques font également partie des contaminants d'intérêt émergent. Aucun indicateur ne permet de statuer de façon globale sur l'ensemble des contaminants émergents. La présente fiche porte sur une catégorie de ces substances : les composés perfluorés.

Figure 1 Localisation des stations d'échantillonnage



Source : Gouvernement du Québec, 2020

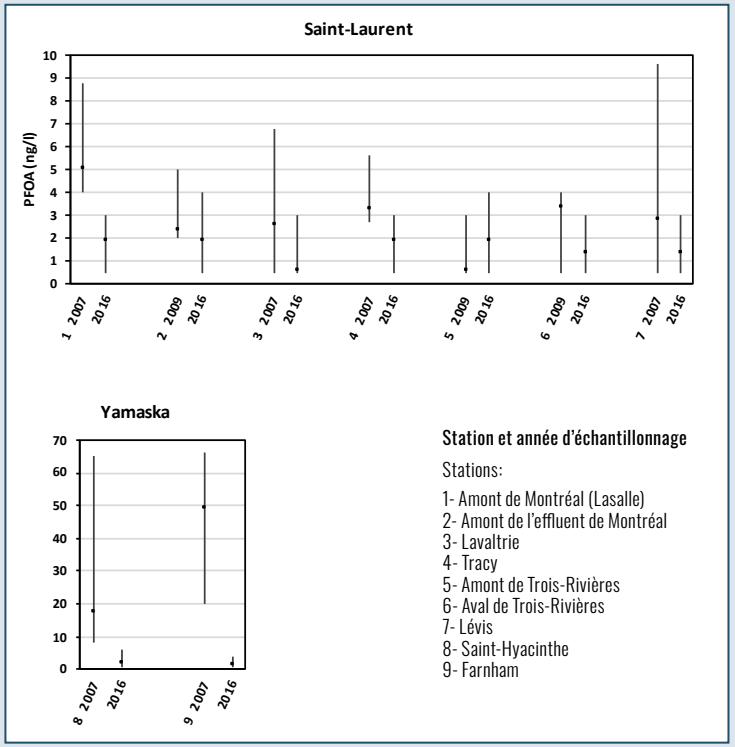
La carte montre l'emplacement des sept stations d'échantillonnage dans le fleuve Saint-Laurent et des deux stations dans le bassin de la rivière Yamaska.

Rédigée par : **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Le sulfonate de perfluorooctane (PFOS) est un des composés perfluorés les plus souvent détectés dans l'environnement. L'évaluation de ce produit réalisée dans le cadre de la LPCE et du PGPC a abouti au constat qu'il est très persistant dans l'environnement, bioaccumulable, potentiellement cancérigène et qu'il a d'autres effets toxiques, comme des atteintes au foie, de l'atrophie du thymus et des effets sur la diversité d'espèces lors d'essais en microcosmes[4]. En conséquence, la fabrication, l'utilisation, la vente et l'importation des produits manufacturés qui contiennent du PFOS ont été interdites en 2008[5]. Sauf pour un nombre limité d'utilisations, il en est de même depuis le 23 décembre 2016 pour l'acide perfluorooctanoïque (PFOA) et d'autres composés perfluorés à longues chaînes[6].

Le MELCC a réalisé un premier suivi des composés perfluorés dans les cours d'eau du Québec de 2007 à 2009[1]. Un second suivi a été réalisé en 2016 pour vérifier si les fortes restrictions d'usages mentionnées plus haut ont mené à une réduction des concentrations de ces produits dans les cours d'eau. La figure 2 montre que c'est bien le cas. À six des sept stations d'échantillonnage dans le fleuve Saint-Laurent, on observe pour le PFOA une diminution des concentrations de 2007-2009 à 2016. Il en est de même aux deux stations dans le bassin de la rivière Yamaska. Dans celle-ci, les concentrations de départ étaient beaucoup plus élevées et la diminution a été plus importante que dans le Saint-Laurent. La fermeture d'une usine de textiles en 2010 à Cowansville, en amont des deux sites d'échantillonnage, pourrait être la raison de cette diminution plus importante[7]. Une analyse de variance confirme que les concentrations de 2016 sont significativement plus basses que celles de 2007-2009, même lorsque l'analyse est réalisée sans les deux stations du bassin de la rivière Yamaska. Les concentrations de composés perfluorés mesurées en 2016 sont basses aux neuf stations échantillonnées. Par exemple, pour le PFOS, le maximum obtenu a été de 4 ng/l, ce qui est de beaucoup inférieur au critère de 6800 ng/l pour la protection de la vie aquatique[8]. Pour le PFOA, le maximum mesuré en 2016 est de 6 ng/l, alors que le critère pour la protection de la vie aquatique est de 880 000 ng/l. Il importe toutefois de signaler que, le PFOS étant persistant et bioaccumulable[4], il serait pertinent de l'analyser dans des organismes aquatiques, d'autant plus que nous disposons de critères pour la protection de la faune terrestre piscivore, exprimés en concentrations dans les poissons. Cependant, très peu de laboratoires disposent d'une méthode permettant d'analyser les composés perfluorés dans les tissus biologiques. De fait, il existe d'autres composés perfluorés pour lesquels il n'y a pas de méthode d'analyse et plusieurs pour lesquels il n'existe pas encore de critères de qualité de l'eau. C'est pourquoi on ne peut pas statuer actuellement sur l'état des cours d'eau en ce qui a trait à toute cette famille de substances.

Figure 2 Concentrations (ng/l) d'acide perfluorooctanoïque (PFOA) aux neuf stations d'échantillonnage en 2007-2009 et en 2016



Le graphique montre les concentrations d'acide perfluorooctanoïque (PFOA), un composé perfluoré, aux neuf stations d'échantillonnage. Les échantillons ont été prélevés en 2007 ou en 2009[1], selon la station, ainsi qu'en 2016. Les résultats montrent une diminution des concentrations de 2007-2009 à 2016 à presque toutes les stations d'échantillonnage.

Le PFOA n'est pas le seul contaminant d'intérêt émergent pour lequel une diminution des concentrations dans les cours d'eau a été constatée. C'est également le cas des nonylphénols éthoxylés, un groupe de produits utilisés notamment comme détergents et confirmés comme étant des perturbateurs endocriniens. Les concentrations de ces substances ont elles aussi diminué dans les cours d'eau à la suite de mesures de contrôle promulguées dans le cadre de la LCPE et du PGPC[9].

PRESSIONS

Les composés perfluorés sont utilisés entre autres comme enduits imperméabilisants et antitaches sur une grande gamme de biens de consommation courants: papiers et cartons d'emballage d'aliments, intérieur des boîtes de conserve, tissus (p. ex.: Scotchguard[MD]), cuir, vêtements, tapis, meubles, etc. Ils servent aussi dans la fabrication d'enduits antiadhésifs pour les instruments de cuisson (p. ex.: Teflon[MD]), de membranes imperméables dans des vêtements de plein air (p. ex.: GoreTex[MD]) et de mousses extinctrices[4].

Les composés perfluorés appliqués sur ces différents biens de consommation peuvent s'en détacher avec le temps, notamment lors du lavage. Ils se retrouvent alors dans les eaux usées municipales et sont acheminés avec celles-ci vers les stations de traitement des eaux usées. Ces dernières n'étant pas conçues pour traiter spécifiquement des substances comme les composés perfluorés, une partie des substances persistantes, comme les composés perfluorés, sont rejetées dans les cours d'eau avec les eaux usées traitées[4].

À la fin de leur vie utile, des objets enduits de composés perfluorés se retrouvent dans les sites d'enfouissement des matières résiduelles. Lors de la dégradation de ces matières, les composés perfluorés peuvent s'en détacher et gagner les eaux de lixiviation des sites d'enfouissement. Ces eaux de lixiviation sont traitées sur place ou acheminées à des ouvrages municipaux de traitement des eaux usées. Dans les deux cas, les traitements appliqués ne peuvent assurer que tous les composés perfluorés seront retenus. Une partie peut se retrouver dans les eaux traitées retournées au cours d'eau récepteur[4].

Des mousses extinctrices contenant des composés perfluorés sont utilisées notamment lors d'incendies d'hydrocarbures. Les eaux de ruissellement de ces incendies, avec leurs composés perfluorés, peuvent ensuite gagner les cours d'eau et les milieux aquatiques environnants. C'est notamment le cas près d'aéroports, à la suite d'incendies d'aéronefs[4]. Certains aéroports hébergent des centres de formation de lutte contre les incendies d'aéronefs qui peuvent être des sources de composés perfluorés pour les eaux souterraines et les milieux aquatiques adjacents.

FORCES

- Eaux usées (municipales, résidentielles)[4]
- Infrastructures de transport[4]
- Activités industrielles[4]
- Sites d'enfouissement de matières résiduelles[4]

IMPACTS

- Impacts sur les organismes aquatiques[4]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[10]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[11]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (L.C. 1999, ch. 33)[3,4,5,6]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Canada)

- Plan de gestion des produits chimiques[3,4,5,6]

AUTRES

- Recherche gouvernementale
  - Caractérisation initiale des effluents des stations d'épuration municipales de grande et de très grande taille (2022-2024)

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements appréhendés au régime hydrologique pourraient avoir une influence sur l'impact des contaminants émergents pour les organismes aquatiques. Par exemple, des étiages plus prononcés[10], qui diminuent le pouvoir de dilution des cours d'eau, pourraient résulter en concentrations plus élevées des contaminants. Les organismes vivants, exposés à ces plus fortes concentrations, pourraient subir des effets plus importants.

L'augmentation de la température de l'air observée au Québec[11] pourrait se traduire par une augmentation de la température des lacs et des cours d'eau, ce qui pourrait augmenter l'activité chimique des contaminants sur les organismes aquatiques exposés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **BERRYMAN, D., C. SALHI, A. BOLDUC, C. DEBLOIS ET H. TREMBLAY** (2012). *Les composés perfluorés dans les cours d'eau et l'eau potable du Québec méridional*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 9782550655657 (PDF), 35 p. et 2 annexes.
2. **ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE** (FAO) (2004). « Une quinzaine de produits chimiques et pesticides dangereux à ajouter à la liste "à surveiller" », dans le site FAO Salle de Presse, [En ligne], http://www.fao.org/newsroom/fr/news/2004/50308/index.html (consulté le 19-11-2019).
3. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (2017-03-12). « Améliorer l'approche du Canada », dans le site Le système du Canada sur les substances chimiques, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/substances-chimiques/approche-canada/systeme-canada-adresser-substances-chimiques.htm#a4 (consulté le 9-10-2019).
4. **ENVIRONNEMENT CANADA** (2004). *Rapport d'évaluation préalable des effets sur l'environnement du sulfonate de perfluorooctane, de ses sels et de ses précurseurs contenant les groupes fonctionnels C8F17SO2 ou C8F17SO3*, [En ligne], https://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/documents/substances/spfo-pfos/sc_rep_spfo_ebauche-fra.pdf (consulté le 4 février 2009).
5. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (2008). « Règlement sur le sulfonate de perfluorooctane et ses sels et certains autres composés ». *Gazette du Canada*, partie II, vol. 142, nº 12, p. 13061387.
6. **ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA** (2017). *L'acide pentadécafluorooctanoïque, ses sels et ses précurseurs, et les acides perfluorocarboxyliques à longue chaîne, leurs sels et leurs précurseurs et le Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012)*, [En ligne], http://ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&xml=3E603995-6012-4D22-993B-0ADEA222C2C4 (consulté le 19 avril 2018).
7. **MDDELCC** (2017). *Contaminants d'intérêt émergent, substances toxiques et état des communautés de poissons dans des cours d'eau de la Montérégie et de l'Estrie*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 62 p.
8. **MELCC** (2018). *Critères de qualité des eaux de surface au Québec*. Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/.
9. **BERRYMAN, D., B. SARRASIN ET C. DEBLOIS** (2012). *Diminution des concentrations de nonylphénols* éthoxylés *dans les cours d'eau du Québec méridional de 2000 à 2010*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 9782550656524 (PDF), 20 p.
10. **MDELCC** (2015). *Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Centre d'expertise hydrique du Québec, 81 p.
11. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation: synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*. Partie 1: *Évolution climatique au Québec*, Montréal, Ouranos, 114 p.

Contamination des poissons par les toxiques en eau douce

ÉTAT

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Amélioration

DES POISSONS PEU CONTAMINÉS

Les teneurs moyennes en mercure sont généralement inférieures à celle qui est prescrite par la directive de Santé Canada (0,5 mg/kg) aux sites visités en 2014 ou en 2016 pour les dorés jaunes et les grands brochets. Seulement le secteur du lac Saint-Louis Sud présente un dépassement de cette norme chez les grands brochets (1,6 fois plus élevée).

Les teneurs moyennes de BPC dans la chair des poissons capturés entre 2013 et 2016 sont toutes inférieures à la norme de l'Union européenne de 125 µg/kg, à l'exception d'une valeur de 130 µg/kg mesurée en 2013 dans les dorés jaunes au lac Saint-Pierre Nord, la teneur moyenne dans les dorés jaunes au lac Saint-Pierre Nord étant toutefois plus faible, à 107 µg/kg. Dans les meuniers noirs entiers, à l'exception du lac Saint-Pierre Nord en 2013, dont la teneur moyenne en BPC est de 190 µg/kg, toutes les teneurs moyennes en BPC sont inférieures au critère de protection de la faune terrestre piscivore du MELCC de 160 µg/kg.

Entre 2013 et 2016, les teneurs moyennes en Penta-BDE étaient inférieures à la recommandation fédérale pour la qualité de l'environnement de 3 µg/kg, sauf en 2013 pour les dorés jaunes (4,8 µg/kg) du lac Saint-Pierre Sud ainsi que pour les dorés jaunes (13,9 µg/kg) et les meuniers noirs entiers (6,2 µg/kg) du lac Saint-Pierre Nord.

DES DIFFÉRENCES SPATIALES VARIABLES SELON LE CONTAMINANT

Entre 2014 et 2016, les lacs Saint-François, Saint-Louis Nord et Saint-Pierre Sud présentent un état « bon », alors que les lacs Saint-Louis Sud et Saint-Pierre Nord affichent un état « intermédiaire-bon ».

- Mercure: au lac Saint-Louis Sud, les dorés jaunes de 425 mm, les grands brochets de 600 mm et les meuniers noirs entiers de 425 mm présentent des teneurs moyennes en mercure significativement plus élevées (0,49 mg/kg, 0,80 mg/kg et 0,20 mg/kg respectivement) qu'aux autres sites.

DESCRIPTION

L'indicateur de la contamination des poissons comprend trois espèces (le doré jaune, le grand brochet et le meunier noir) capturées dans trois lacs fluviaux du fleuve; le lac Saint-François en amont de Montréal, le lac Saint-Louis au niveau de Montréal et le lac Saint-Pierre en aval de Montréal. Les contaminants analysés pour l'indicateur durant la période 1995-2016 sont le mercure, les BPC et les PBDE. Les dorés jaunes et les grands brochets sont analysés individuellement pour le mercure et en homogénat de plusieurs poissons de grande taille pour les biphényles polychlorés (BPC) et les polybromodiphényléthers (PBDE). Dans tous ces cas, seule la chair est utilisée. En revanche, les meuniers noirs sont utilisés en entier et analysés individuellement ou en homogénat de plusieurs poissons pour les trois contaminants. Pour cet indicateur, l'échantillonnage des poissons a lieu tous les trois ou cinq ans. De plus, selon les espèces et les contaminants évalués, les années d'échantillonnage peuvent différer.

Figure 1 Carte des stations d'échantillonnage de la contamination des poissons par les toxiques en eau douce



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Carte des stations d'échantillonnage de la contamination des poissons par les toxiques en eau douce.

Rédigée par: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

- BPC : pour la période 2013-2016, les teneurs moyennes en BPC dans la chair des poissons montrent peu de différences entre les secteurs étudiés. Elles semblent cependant un peu plus élevées dans les dorés jaunes que dans les grands brochets. Dans les meuniers noirs entiers les teneurs moyennes en BPC au lac Saint-Pierre Nord (175 µg/kg) et au lac Saint-François Sud (141 µg/kg) sont similaires, celles-ci sont toutefois significativement plus élevées qu'aux lacs Saint-Pierre Sud (110 µg/kg) et Saint-Louis Sud (90 µg/kg), ces deux derniers présentent des teneurs en BPC similaires.

- PBDE: pour la période 2013-2016, la teneur moyenne en PBDE dans les meuniers noirs entiers au lac Saint-Pierre Nord (39 µg/kg) est significativement plus élevée qu'au lac Saint-Pierre Sud (27 µg/kg), lesquelles sont significativement plus élevées qu'au lac Saint-François (3,5 µg/kg) et au lac Saint-Louis Sud (4,9 µg/kg), ces deux derniers présentent des teneurs en PBDE similaires.

UNE TENDANCE RELATIVEMENT STABLE OU LÉGÈREMENT À LA BAISSE

En général, les concentrations de mercure n'étaient pas significativement différentes ou présentaient seulement de faibles différences entre 2014-2016 et les échantillonnages passés. Des diminutions significatives ont été observées au lac Saint-François pour le doré

Figure 2 Évolution des teneurs en mercure dans les poissons du fleuve Saint-Laurent (1995-2016)

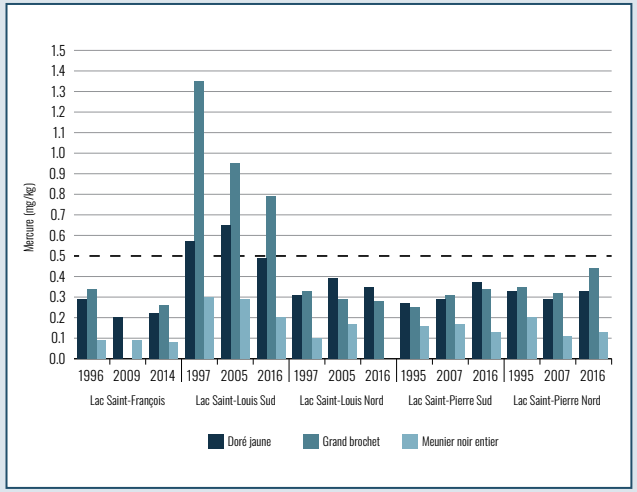


Figure 3 Évolution des teneurs en BPC dans les poissons du fleuve Saint-Laurent (1995-2016)

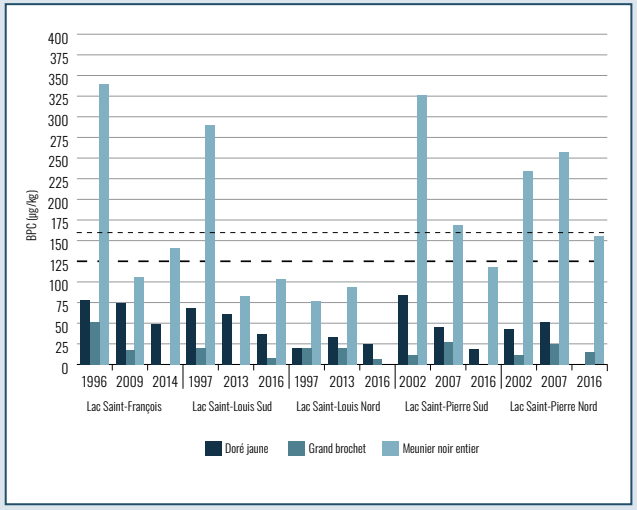
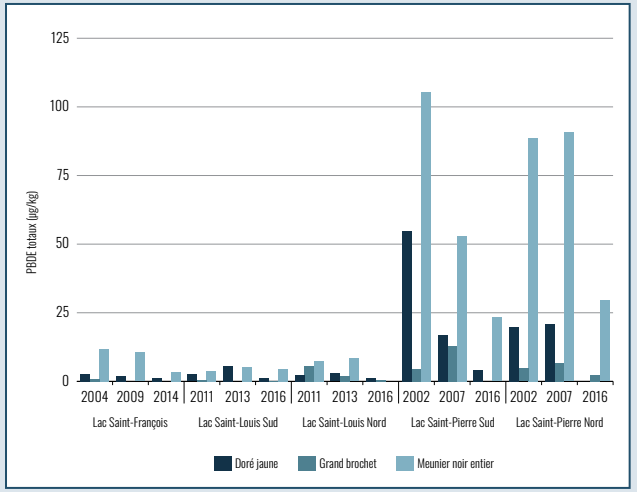


Figure 4 Évolution des teneurs en PBDE dans les poissons du fleuve Saint-Laurent (1995-2016)



Les figures 2, 3 et 4 présentent l'évolution des teneurs moyennes en mercure, en biphényles polychlorés (BPC) et en polybromodiphényléthers (PBDE) dans la chair des dorés jaunes et des grands brochets ainsi que pour les meuniers noirs entiers dans le fleuve Saint-Laurent aux lacs Saint-François, Saint-Louis et Saint-Pierre pour la période 1995-2016.

jaune et au lac Saint-Louis Sud pour les grands brochets. Une hausse significative a cependant été notée pour les grands brochets des secteurs du lac Saint-Pierre Sud et du lac Saint-Pierre Nord, ainsi que pour les dorés jaunes du secteur du lac Saint-Pierre Sud.

Par rapport à 1996-2002, les teneurs moyennes en BPC mesurées dans la chair des poissons au cours de la période 2013-2016 demeurent relativement comparables ou possiblement plus faibles que dans les échantillonnages précédents, hormis pour les dorés jaunes du lac Saint-Pierre Nord capturés en 2013, qui semblaient présenter des valeurs plus élevées (130 µg/kg en 2013 contre 43 µg/kg en 2002).

Par contre dans les meuniers noirs entiers, on observe dans les trois lacs des teneurs moyennes en BPC significativement plus faibles lors de la période 2013-2016 que durant la période 1996-2002.

Les teneurs moyennes en PBDE mesurées dans la chair des poissons au cours de la période 2013-2016 demeurent relativement comparables ou possiblement un peu plus faibles que celles qui ont été mesurées lors des années antérieures, à l'exception des teneurs dans les dorés jaunes du lac Saint-Pierre Nord capturés en 2013, qui semblent présenter une légère augmentation (41,4 µg/kg) par rapport à 2002 (19,8 µg/kg). Toutefois, en ce qui concerne les meuniers noirs entiers, on observe au lac Saint-Pierre Nord et Sud ainsi qu'au lac Saint-François des teneurs moyennes en PBDE significativement plus faibles lors de la période 2013-2016 que durant la période 2002-2004. Au lac Saint-Louis, bien que les teneurs soient actuellement faibles, les données antérieures à 2013 sont insuffisantes pour faire une comparaison.

PRESSIONS

PRINCIPALES SOURCES DE MERCURE[1]

Le mercure est présent naturellement dans le roc, l'air et l'eau, mais il est aussi rejeté dans l'environnement par des sources industrielles majeures. Le mercure est disséminé dans l'environnement par l'intermédiaire d'une multitude de produits de consommation et par la combustion du pétrole, de l'huile, du charbon, etc. Le mercure s'accumule dans les sédiments de certains tronçons de cours d'eau ou de certains lacs. Au contact des bactéries présentes dans le fond des lacs et des rivières, le mercure peut se transformer en méthylmercure (CH3Hg+), s'accumuler dans la chaîne alimentaire et présenter un danger pour la santé humaine[1].

FORCES

- Eaux usées (municipales, résidentielles)[1]
- Activités industrielles[1]

IMPACTS

- Problèmes de santé suite à la consommation de faune[1]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (L.C. 1999, ch. 33)[4]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)[5]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Canada)

- Plan de gestion des produits chimiques[4]

AUTRES

- Rapports et publications de sensibilisation
- Recherche gouvernementale
  - Caractérisation initiale des effluents des stations d'épuration municipales de grande et de très grande taille (2022-2024)

Depuis le début des années 1970, un meilleur contrôle des sources industrielles de mercure a fait régresser la contamination par le méthylmercure, mais la diversité des sources nous oblige toutefois à demeurer vigilants.

Facteurs qui affectent le degré de contamination mercurielle dans les poissons

La contamination des poissons varie en fonction de plusieurs facteurs : espèce, âge et lieu. Le méthylmercure s'accumule principalement dans la chair des poissons.

- Les espèces piscivores, c'est-à-dire celles qui se nourrissent d'autres poissons, tels le brochet, le doré, le maskinongé, etc., sont les plus contaminées;
- Pour une même espèce, les gros spécimens contiennent généralement une plus grande concentration de mercure que les petits;
- La mise en eau de réservoirs crée une augmentation de la teneur en mercure dans les poissons.

PRINCIPALES SOURCES DE BIPHÉNYLES POLYCHLORÉS (BPC) ET POLYBROMODIPHÉNYLÉTHERS (PBDE)[1]

Les BPC et les PBDE constituent deux catégories de produits chimiques organiques dont les usages ont été multiples. Étant donné leur persistance et leur toxicité, ces composés sont maintenant interdits d'usage au Canada. Contrairement au mercure, qui peut se retrouver naturellement dans le roc, l'air et l'eau, ces composés doivent leur présence dans l'environnement à l'activité humaine.

Les BPC ont été utilisés dans des équipements hydrauliques et électriques. Le bris d'équipements, les rejets de certaines industries et l'incinération non contrôlée de produits contenant des BPC ont grandement favorisé la dispersion de ces substances dans l'environnement. Les BPC sont maintenant interdits dans tout nouveau produit depuis 1980.

Les PBDE ont été ajoutés dans différentes matrices plastiques et résines synthétiques ainsi que dans des fibres textiles pour réduire l'inflammabilité d'une foule de produits de consommation : les matériaux de rembourrage des meubles, les boîtiers d'appareils électroniques (téléviseurs, ordinateurs, etc.), des pièces d'automobiles, etc. Les PBDE ont fait l'objet d'une élimination progressive de leur utilisation entre 2006 et le milieu de 2012[2,3].

Facteurs qui affectent le degré de contamination en BPC et en PBDE dans les poissons[1]

Quelle que soit leur origine, ces contaminants s'acheminent presque toujours vers les lacs et les cours d'eau, où ils s'associent en grande partie aux particules fines présentes dans l'eau, qui demeurent en suspension ou se déposent au fond. Ils passent ensuite dans les organismes aquatiques par la consommation d'eau ou de nourriture contaminées et s'accumulent dans les graisses.

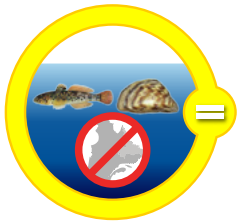
La concentration en BPC et en PBDE dans la chair du poisson varie selon l'espèce. Cette variation est fonction du régime alimentaire et de la teneur en gras des tissus des différents poissons. Les poissons à chair maigre, tels que le doré jaune et le grand brochet, concentrent ces substances principalement dans le foie ou le tissu adipeux. En règle générale, les viscères (le foie par exemple), les graisses et la peau sont les sites préférés où s'accumulent ces contaminants.

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce[1] http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/guide/localisation.asp
- Les polybromodiphényléthers (PBDE) – fiche d'information[2] https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/substances-chimiques/fiches-renseignements/en-bref/sommaire-polybromodiphenylethers.html
- *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999). Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement, Polybromodiphényléthers (PBDE)[3] http://www.ec.gc.ca/ese-ees/05DF7A37-60FF-403F-BB37-0CC697DBD9A3/FEQG_PBDE_FR.pdf
- Le système du Canada pour adresser les substances chimiques[4] https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/substances-chimiques/approche-canada/systeme-canada-adresser-substances-chimiques.html
- Réalisations 2011-2016 du Plan d'action Saint-Laurent[5] http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/rap_quin_11_16/Rap_quin_2011-2016_PASL_FR_VFinale.pdf

RÉFÉRENCES

1. *Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce*, ministère de l'Environnement et de la lutte aux changements climatiques et ministère de la Santé et des Services sociaux, Québec, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/guide/localisation.asp.
2. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (2019-02-08). *Les polybromodiphényléthers (PBDE) – fiche d'information*, Gouvernement du Canada, Canada, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/substances-chimiques/fiches-renseignements/en-bref/sommaire-polybromodiphenylethers.html (dernière date de modification: 2019-02-08).
3. **ENVIRONNEMENT CANADA** (2013). *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999). Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement: polybromodiphényléthers (PBDE)*, Environnement Canada, février, 2013, 28 p., [En ligne], http://www.ec.gc.ca/ese-ees/05DF7A37-60FF-403F-BB37-0CC697DBD9A3/FEQG_PBDE_FR.pdf.
4. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (2017-03-12). « Améliorer l'approche du Canada », dans le site Le système du Canada pour adresser les substances chimiques, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/substances-chimiques/approche-canada/systeme-canada-adresser-substances-chimiques.html (page consultée le 10-12-2019).
5. **PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT. RÉALISATIONS** 2011-2016 (2017). Environnement et Changement climatique Canada, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 52 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/rap_quin_11_16/Rap_quin_2011-2016_PASL_FR_VFinale.pdf (page consulté le 10-12-2019).



Indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

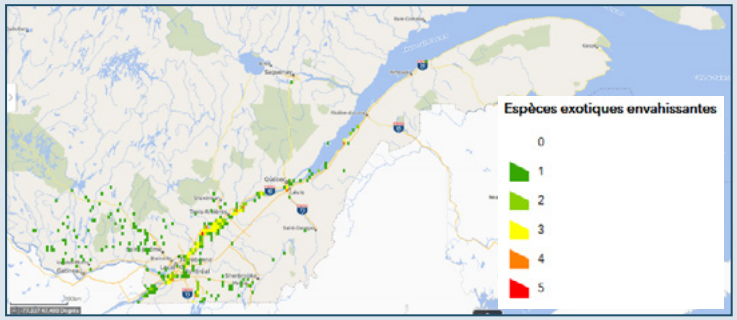
L'histoire de l'introduction d'espèces aquatiques envahissantes (EAE) au Québec remonte à plus d'un siècle. La première introduction documentée est celle de la carpe commune (*Cyprinus carpio*), qui fut probablement introduite de manière volontaire et accidentelle dans les années 1910 aux États-Unis, dans les eaux du Saint-Laurent et quelques-uns de ces tributaires[1]. Le nombre d'EAE s'est ensuite maintenu sur une période relativement longue, où peu d'espèces exotiques ont été introduites ou ont proliféré dans les eaux québécoises. Au tournant du dernier siècle, une augmentation de la colonisation d'EAE à l'échelle mondiale a été observée[2,5].

Depuis 1985, le Québec a suivi cette tendance avec une accumulation croissante d'EAE présentes sur son territoire (figure 2B, panneau de droite). Les périodes 1985-1995 et 2015-2020 sont caractérisées par la confirmation de nouvelles espèces d'EAE dans les eaux québécoises. Ces périodes correspondent, entre autres, à la détection des moules zébrées et quagga (*Dreissena polymorpha* et *D. bugensis*, 1989 et 1992), de la tanche (*Tinca tinca*, 1991), du gardon rouge (*Scardinius erythrophthalmus*, 1990) et du gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*, 1997). La deuxième vague d'introduction a été marquée par l'arrivée du cladocère épineux (*Bythotrephes longimanus*, 2014), de la carpe de roseau (*Ctenopharyngodon idella*, 2016) et de la puce d'eau en hameçon (*Cercopagis pengoi*, 2019). Par contre, l'indice d'introduction montre aussi que l'arrivée de nouvelles EAE a été faible ou très faible lors de certaines périodes (1995-2005, 2010-2015). La tendance de l'indicateur est donc au maintien; de nouvelles apparitions d'EAE surviennent encore, mais la situation est similaire à celle des périodes précédentes.

DESCRIPTION

L'indice quinquennal d'introduction est une mesure globale (à l'échelle du Québec) de l'introduction d'espèces aquatiques envahissantes (animales) et de la pression cumulative qu'elles imposent. Cet indicateur se veut une mesure intégrative de la pression d'introduction et d'établissement des espèces aquatiques envahissantes (EAE) dans les habitats aquatiques du Québec. Il est calculé à partir des données de détection et des suivis de la faune aquatique pratiqués dans le fleuve Saint-Laurent et les eaux intérieures du Québec et se base sur le nombre d'EAE présentes au Québec depuis 1985. Ces données sont compilées et archivées par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

Figure 1 Répartition des occurrences d'EAE au Québec entre 1985 et 2018



Source: Gouvernement du Québec, 2020

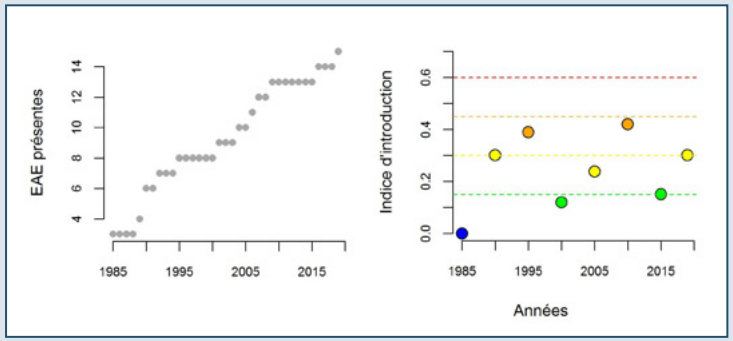
Carte de la répartition des occurrences d'espèces aquatiques envahissantes sur le territoire du Québec entre 1985 et 2018. Les couleurs représentent le nombre d'espèces aquatiques envahissantes détectées par grille de 5 km^2.

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune aquatique**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Il est cependant à noter que certaines espèces aquatiques envahissantes ont été observées au Québec pendant quelques années avant de disparaître complètement. C'est le cas de la petite corbeille d'Asie (*Corbicula fluminea*), dont des spécimens ont été détectés dans la zone du panache d'eau chaude causé par le rejet des eaux de refroidissement du cœur nucléaire de la centrale Gentilly-2, aux abords du fleuve Saint-Laurent[3]. Ces conditions étaient vraisemblablement favorables à ce bivalve subtropical, dont certains auteurs suggèrent une mortalité complète en dessous de 2 °C[4]. Depuis la fermeture de la centrale en décembre 2012, le différentiel de température s'est estompé et les suivis subséquents n'ont mené à aucune détection de l'espèce. Cette disparition et d'autres ont cependant été masquées, lors du calcul de l'indice, par l'arrivée subséquente de nouvelles EAE.

L'allure de la courbe d'invasion (figure 2A, panneau de gauche) montre une tendance linéaire à l'augmentation d'espèces aquatiques envahissantes dans les eaux du Saint-Laurent, sans indice de diminution du rythme de l'envahissement. Cette courbe est conséquente aux conclusions récentes que la vision « du pire est derrière nous » n'est pas valable pour le bassin des Grands Lacs[2,5]. Le suivi de l'évolution de l'indice pourra éventuellement donner une appréciation critique des actions de prévention entreprises contre les futures introductions d'EAE. En effet, il est permis de croire que certaines mesures mises en place dans les dernières années au Québec (ex.: interdiction de l'utilisation de poissons-appâts vivants, sensibilisation à l'importance du nettoyage des embarcations), en plus de l'effort collectif entrepris par les États et provinces du bassin des Grands Lacs (ex.: Great Lake Restoration Initiative) pourraient avoir un effet atténuateur sur le rythme d'invasion.

Figure 2 (A) Évolution du nombre d'EAE présentes et (B) Indice quinquennal d'introduction des EAE depuis 1985



Évolution annuelle du nombre d'espèces aquatiques envahissantes présentes dans les eaux québécoises depuis 1985 (A panneau de droite) et calcul de l'indice quinquennal d'introduction des espèces aquatiques envahissantes pour la même période (B panneau de gauche). La couleur des points représente l'état de l'indice à chaque période (bleu = bon, vert = intermédiaire-bon, jaune = intermédiaire, orange = intermédiaire-mauvais ou rouge = mauvais).

PRESSIONS

L'introduction d'espèces aquatiques envahissantes est fortement liée aux activités humaines, à toutes échelles, du commerce international jusqu'au relâchement d'animaux domestiques par un citoyen dans un étang de son quartier. À grande échelle spatiale, les déplacements internationaux ont grandement favorisé le transport d'espèces aquatiques exotiques, de manière délibérée ou non, dont certaines se sont révélées envahissantes. Dans les dernières décennies, la mondialisation de la société a été un accélérateur de l'introduction et cause un monde où de nombreuses grandes barrières biogéographiques ne sont plus un obstacle à la dispersion des espèces[9]. Ainsi, l'augmentation du trafic maritime[5] et du nombre

FORCES

- Urbanisation
- Pêche récréative ou de subsistance[8]
- Infrastructures de transport[5,6]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[8]
- Navigation commerciale sur le Saint-Laurent[5,6]
- Aquariophilie et jardins d'eau[7]

d'ouvrages d'aide à la navigation qui l'accompagnent[5,9] modifie grandement le potentiel de prolifération des espèces exotiques.

De manière plus régionale, le fleuve Saint-Laurent est une des plus importantes portes d'entré de la navigation commerciale vers le bassin des Grands Lacs, qui constitue le cœur commercial de l'est de l'Amérique du Nord. La construction de la voie maritime et de son système d'écluses permet aux navires internationaux d'entrer profondément dans le continent, jusqu'aux grands ports en eaux douces situés au pourtour des Grands Lacs. Ces ouvrages ont créé de nombreuses occasions d'établissement pour les EAE. De fait, de nombreux envahisseurs ont généralement été détectés à proximité de ces ports, avant d'être observés dans le Saint-Laurent. Leur introduction est vraisemblablement due aux transports par les eaux de ballasts. Leur établissement fut facilité par les nombreuses similitudes avec les conditions environnementales présentes dans leur aire d'origine. Pour cause, plusieurs EAE établies dans le bassin des Grands Lacs et du Saint-Laurent sont des espèces originaires de la région ponto-capsienne (mers Caspienne, Azov et Noire), notamment le gardon rouge, le gobie à taches noires, la moule zébrée ou le cladocère épineux.

Une fois qu'une EAE est installée dans le corridor fluvial, des introductions secondaires peuvent survenir grâce à la connectivité naturelle des plans d'eau avec le fleuve. Également, des activités humaines telles que le commerce d'animaux vivants, la navigation de plaisance, le tourisme, le commerce de poissons-appâts vivants ou les introductions illégales peuvent être des vecteurs d'introduction et de dispersion[7,8]. L'augmentation de la fréquentation des plans d'eau par des plaisanciers et l'omission de pratiquer un nettoyage approprié des embarcations ou des équipements de loisirs (ex.: pêche sportive, kayak, plongée) sont une combinaison de facteurs menant fréquemment à de nouvelles introductions. C'est le cas pour des espèces comme le cladocère épineux et la moule zébrée, dont les activités de plaisance sont les principaux vecteurs d'introduction secondaire.

Finalement, des vecteurs d'introduction d'EAE sont liés à des actes en apparence banals. Par exemple, le relâchement des poissons-appâts vivants pour des motifs de compassion ou encore comme motivation à fournir des proies aux prédateurs ciblés par la pêche sportive est un vecteur reconnu d'introduction, leur utilisation est maintenant interdite au Québec. L'accès facilité à l'acquisition d'espèces exotiques pour la garde en captivité[10] contribue également à la prolifération d'espèces exotiques. Par accident ou volontairement, certains spécimens sont relâchés dans un milieu naturel et prolifèrent si les conditions environnementales le permettent.

IMPACTS

- Dommages aux infrastructures humaines et coûts liés (routes, bâtiments, etc.)[11]
- Perte ou limitation d'activité commerciale de villégiature[11,12]
- Limitation du potentiel économique qu'offre la navigation dans le fleuve Saint-Laurent[11]
- Pertes de services écologiques culturels[13]
- Problèmes d'alimentation en eau potable[11,12,13]
- Contamination de l'eau potable utilisée et problèmes de santé en découlant (risques associés à la mortalité de masse)[11,12,13]
- Sécurité immédiate des citoyens (inondation, érosion ou glissement de terrain)[11,12,13]
- Stress imposé aux citoyens[11,12,13]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche etc.)[11]
- Perte ou limitation de la pêche commerciale[11]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[13]
- Perte nette d'habitats floristiques[13]
- Perte nette d'habitats fauniques[13]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[14,15]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[14,15,16,17]
- Incendies de forêt plus importants (ex.: durée de saison, superficie et nombre de grands incendies)
- Augmentation du niveau de la mer
- Changements potentiels pour l'invasion des EAE – Général[14,15]
- Changements potentiels pour l'invasion des EAE – Nord[16]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les effets potentiels des changements climatiques sur la capacité des EAE à se disperser et, par la suite, sur leur chance de survie dans un nouvel environnement sont variés. Ils sont difficilement quantifiables en raison des nombreuses interactions possibles entre les variables concernées. Au Québec, il est hautement probable que les changements climatiques causent, entre autres, une hausse des températures de l'eau, une diminution du couvert de glace, une altération des modèles de précipitations et de l'écoulement de l'eau, et des déplacements du front salin (dans le fleuve Saint-Laurent ou les estuaires des grands tributaires qui se jettent dans les eaux salées).

Tous ces changements peuvent favoriser les EAE au détriment des espèces indigènes en causant la disparition des contraintes de dispersion ou de survie reliées aux températures froides (limites associées aux latitudes nordiques ou à l'élévation) ou d'autres conditions environnementales défavorables. De plus, la création de nouvelles voies de dispersion lors de périodes d'inondation peut survenir à la suite de changement dans le modèle des précipitations (la période dans l'année ou les volumes d'eau impliqués) ou de l'écoulement[14, 15]. De nombreuses espèces envahissantes ont des traits qui les favorisent dans des environnements changeants (ex. : tolérances environnementales plus étendues, croissance plus rapide ou potentielle pour la dispersion sur de longues distances), ce qui n'est pas toujours vrai chez les espèces indigènes[14]. En conséquence, les changements climatiques pourraient augmenter l'avantage compétitif ou la prédation des EAE sur les espèces indigènes dans un environnement changeant, ainsi que la propagation et la virulence de certaines maladies ou certains virus portés et introduits par les EAE[15].

Au niveau du Québec méridional, où bon nombre d'EAE sont déjà présentes, les changements climatiques risquent d'amplifier leur potentiel d'établissement tout en favorisant de nouvelles arrivées à mesure que les températures augmenteront[16]. Par contre, la dynamique est légèrement différente pour l'Arctique où relativement peu d'EAE sont présentes actuellement. En effet, la hausse prévue des températures associées aux changements climatiques causera un allongement de la saison de la navigation commerciale et une augmentation du nombre de voyages. La création de nouvelles routes arctiques qui passeront par le nord de la province est envisageable. Ainsi, un accroissement des risques de transport des propagules d'EAE dans de nouveaux environnements nordiques est probable par l'augmentation des activités qui sont

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur l'aquaculture commerciale* (RLRQ, c. A-20.2)
  - *Règlement sur l'aquaculture commerciale* (RLRQ, c. A-20.2, r. 1)
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur l'aquaculture et la vente des poissons* (RLRQ, c. C-61.1, r. 7)
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de campagnes d'échantillonnage ponctuelles
- Financement de la réalisation des Plans de gestion intégrée régionale
- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)

AUTRES

- Campagnes d'éradication d'espèces exotiques envahissantes
- Campagne de sensibilisation
- Imposition de mesures d'exploitation restrictives et de quotas
- Rapports et publications de sensibilisation
- Recherche gouvernementale
- Réseaux de suivi

une conséquence directe des changements climatiques. Par exemple, une projection pour huit espèces présentant un risque élevé d'établissement dans l'Arctique canadien en fonction des voies de dispersion et des régions donneuses, des caractéristiques biologiques et des antécédents d'invasion montre qu'une portion de la zone (incluant le Nord québécois) devrait convenir à l'ensemble de ces huit espèces, avec une proportion d'occupation du territoire variable, d'ici 2050[17].

En somme, les changements climatiques influenceront assurément les modèles de dispersion des EAE et leur potentiel d'établissement et de survie. Par contre, de nombreuses incertitudes subsistent pour prédire l'ampleur des conséquences réelles.

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Les espèces envahissantes au Québec, https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/especes/envahissantes/
- Les espèces animales aquatiques envahissantes du fleuve Saint-Laurent: bilan de la situation en eau douce, http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/fiches_indicateurs/Francais/2018_Especes_aquatiques_envahissantes_fleuve_Saint-Laurent_bilan_situation_eau_douce.pdf

RÉFÉRENCES

1. **MOYLE, PETER B.** (1986). « Fish Introductions into North America: Patterns and Ecological Impact », dans H.A. Mooney et J.A. Drake, *Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii*, Springer, New York, p. 27-43.
2. **PAGNUCCO, KATIE S., GEORGE A. MAYNARD, SHANNON A., FERA, NORMAN D. YAN, THOMAS F. NALEPA ET ANTHONY RICCIARDI** (2015). « The future of species invasions in the Great Lakes-St. Lawrence River basin », *Journal of Great Lakes Research*, vol. 41, sup. 1, p. 96-107.
3. **SIMARD, ANOUK, ANNIE PAQUET, CHARLES JUTRAS, YVESROBITAILLE, PIERRE U. BLIER, RHÉAUME COURTOIS ET ANDRÉ MARTEL** (2012). « North American range extension of the invasive Asian clam in a St. Lawrence River power station thermal plume », *Aquatic Invasions*, vol. 7, nº 1, p. 81-89.
4. **MCMAHON, ROBERT F.** (1999). « Invasive characteristics of the freshwater bivalve *Corbicula fluminea* », dans Renata Claudi et Joseph H. Leach, *Nonindigenous freshwater organisms: Vectors, biology, and impacts*. New York, CRC Press LLC, p. 315-342.
5. **RICCIARDI, ANTHONY** (2006). « Patterns of invasion in the Laurentian Great Lakes in relation to changes in vector activity », *Diversity and Distributions*, vol. 12, nº 4, p. 425-433.
6. **HOLECK, KRISTEN T., EDWARD L. MILLS, HUGH J. MACISAAC, MARGARET R. DOCHODA, ROBERT I. COLAUTTI ET ANTHONY RICCIARDI** (2004). « Bridging Troubled Waters: Biological Invasions, Transoceanic Shipping, and the Laurentian Great Lakes », *BioScience*, vol. 54, nº 10, p. 919-929.
7. **KERR, STEVEN J., CHRISTOPHER S. BROUSSEAU ET MARK MUSCHETT** (2005). « Invasive Aquatic Species in Ontario: A review and analysis of potential pathways for introduction », *Fisheries*, vol. 30, nº 7, p. 21-30.
8. **ANDERSON, LUCY G., PIRAN C. L. WHITE, PAUL D. STEBBING, GRANT D., STENTIFORD ET ALISON M. DUNN** (2014). « Biosecurity and Vector Behaviour: Evaluating the Potential Threat Posed by Anglers and Canoeists as Pathways for the Spread of Invasive Non-Native Species and Pathogens », *PLOS ONE*, vol. 9, nº 4, p. 1-10.
9. **RAHEL, FRANK J.** (2007). « Biogeographic barriers, connectivity and homogenization of freshwater faunas: it's a small world after all ». *Freshwater Biology*, vol. 52 nº 4, p. 696-710.
10. **GERTZEN, ERIN, ORIANA FAMILIAR ET BRIAN LEUNG** (2008). « Quantifying invasion pathways: fish introductions from the aquarium trade ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 65 nº 7, p. 1265-1273.
11. **LOVELL, SABRINA J., SUSAN F. STONE ET LINDA FERNANDEZ** (2006). « The economic impacts of aquatic invasive species: A review of the literature », *Agricultural and Resource Economics Review*, vol. 35, nº 1, p. 195-208.
12. **PIMENTEL, DAVID, RODOLFO ZUNIGA ET DOUG MORRISO** (2005). « Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States », *Ecological Economics*, vol. 52, nº 3, p. 273-288.
13. **STRAYER, DAVID L., VALERIE T. EVINER, JONATHAN M. JESCHKE ET MICHAEL L. PACE** (2006). « Understanding the long-term effects of species invasions », *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 21, nº 11, p. 645-651.
14. **HELLMANN, JESSICA J., JAMES E. BYERS, BRITTA G. BIERWAGEN ET JEFFREY S. DUKES** (2008). « Five potential consequences of climate change for invasive species », *Conservation Biology*, vol. 22, nº 3, p. 534-543.
15. **RAHEL, FRANK J., ET JULIAN D. OLDEN** (2008). « Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species », *Conservation Biology*, vol. 22, nº 3, p. 521-533.
16. **DELLA VENEZIA, LIDIA, JASON SAMSON ET BRIAN LEUNG** (2018). « The rich get richer: Invasion risk across North America from the aquarium pathway under climate change », *Diversity and Distributions*, vol. 24, nº 3, p. 285-296.
17. **GOLDSMIT, JESICA, PHILIPPE ARCHAMBAULT, GUILLEM CHUST, ERNESTO VILLARINO, GEORGE LIU, JENNIFER V. LUKOVICH, DAVID G. BARBER ET KIMBERLY L. HOWLAND** (2018). « Projecting present and future habitat suitability of ship-mediated aquatic invasive species in the Canadian Arctic », *Biological Invasions*, vol. 20, nº 2, p. 510-517.

Mobilité de la ligne de rivage du fleuve

INDICATEUR EN DÉVELOPPEMENT

En 2014, un bilan établissait que 27 % des rives du Saint-Laurent en eau douce (entre Cornwall et Montmagny) étaient en érosion et que cette proportion était accélérée depuis les années 1990[1]. Les archipels les plus durement touchés (avec une moyenne de 63 mètres de recul au total entre 1964 et 2002) sont dans l'ordre: Contrecœur, les îles de la Paix, Verchères et Varennes, Sainte-Thérèse et Berthier-Sorel[2]. Ces segments sévèrement érodés couvrent plus de 35 km de rives et entraînent la perte d'environ 225 ha d'habitats insulaires[2].

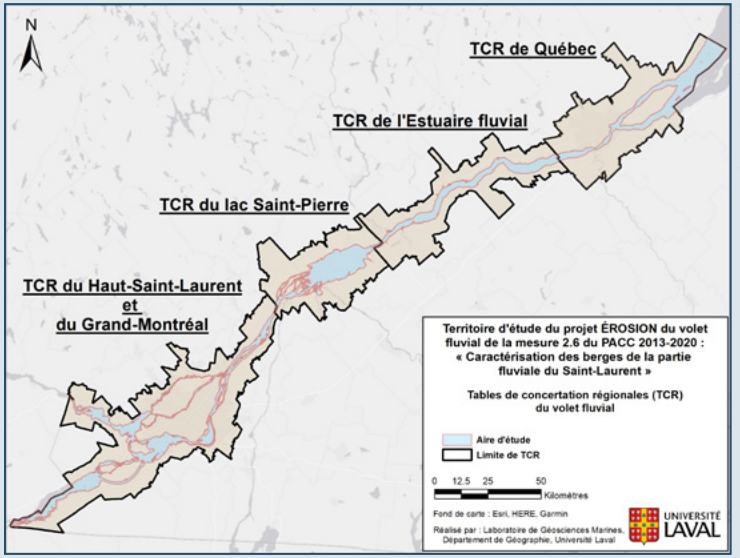
Les municipalités riveraines du fleuve Saint-Laurent sont exposées à des aléas hydroclimatiques et à des processus géomorphologiques naturels et anthropiques qui peuvent menacer les berges, les écosystèmes, les infrastructures ainsi que la santé et la sécurité de leur population. Une meilleure connaissance de la nature des berges du Saint-Laurent ainsi que de leur réponse à des processus géomorphologiques et à des changements environnementaux et climatiques est nécessaire afin de mieux évaluer les vulnérabilités et les risques liés à leur dégradation.

Le projet « Caractérisation des berges de la partie fluviale du Saint-Laurent » de l'Université Laval vise à caractériser les berges et à constituer une base d'information essentielle pour évaluer les risques liés à l'érosion en milieu fluvial. Il vise également à soutenir les intervenants clés de l'aménagement du territoire de ce milieu dans le choix des mesures qui assureront une plus grande résilience et une protection adéquate des communautés riveraines et de l'environnement naturel à long terme. Le projet établit une base de données géospatiales constituant un temps de référence pour les futurs suivis à haute résolution sur la mobilité de la ligne de rivage du fleuve Saint-Laurent.

DESCRIPTION

La ligne de rivage est cartographiée numérisé et subdivisée en portions de côte qui possèdent des caractéristiques géomorphologiques et où agissent des agents et des processus hydrodynamiques similaires. Des levés sur le terrain, sur terre et en bateau, complètent l'analyse d'images aériennes dans certains secteurs névralgiques afin de mieux représenter la dynamique locale (type de côte, géomorphologie, stratigraphie, etc.) de même qu'un répertoire des processus géomorphologiques, fluviaux (courants, glace, etc.) et humains associés à l'érosion des berges.

Figure 1 Carte de la zone d'étude



Source: Université Laval, 2020

Le projet couvre une zone située entre Cornwall et l'est de l'île d'Orléans, soit les zones des tables de concertation régionales (TCR) du Haut-Saint-Laurent et du Grand-Montréal, du lac Saint-Pierre, de l'Estuaire fluvial et de Québec.

Rédigée par: **Direction de la gestion intégrée de l'eau**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Collaboration: **Direction de l'agroenvironnement et du milieu hydrique**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Les principaux produits cartographiques disponibles depuis le printemps 2020 sont:

- Cartographie de la classification du rivage (types de berge et leur artificialisation), les conditions de dégradation des structures artificielles et l'état de l'érosion des segments naturels ou artificialisés.

- Répertoire des secteurs les plus vulnérables à l'érosion sous forme de fiches qualitatives imagées, exposant les principaux processus géomorphologiques, fluviaux (courants, glace, etc.) et humains associés à l'érosion des berges pour certains secteurs névralgiques afin de mieux représenter la dynamique locale (type de côte, état de la côte, type de dépôt de surface, etc.).

PRESSIONS

Plusieurs facteurs influencent la mobilité de la ligne de rivage. Certaines rives s'érodent alors que d'autres accumulent des dépôts. L'érosion reste quand même le principal processus lié à la mobilité de la ligne du rivage.

Les processus géomorphologiques actifs liés à l'érosion de la portion dulcicole du fleuve Saint-Laurent sont: (1) l'altération des falaises rocheuses friables par le ruissellement et les cycles de gel-dégel (processus cryogéniques) sur les formations argileuses, (2) l'érosion des berges par le déplacement des glaces flottantes (poussée glacielle) et (3) par le sapement des vagues et des courants[1,2]. L'érosion est augmentée par des niveaux d'eau particulièrement élevés, par une rive au profil accentué, une exposition aux vents dominants et un substrat moins cohésif[2]. L'érosion est aussi augmentée autour des îles par un rétrécissement du fleuve et une dynamique naturelle d'alluvionnement[1]. Certains de ces facteurs naturels seront exacerbés par les changements climatiques. D'autres sont actuellement amplifiés par les activités humaines. On pense alors aux vagues causées par la navigation ou aux dépôts d'alluvions provenant de l'entretien de la voie maritime. Cette section est réservée aux pressions d'origine humaine.

FORCES

- Urbanisation[1]
- Infrastructures de transport[1]
- Gestion des barrages[1]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[1]
- Navigation commerciale sur le Saint-Laurent[1]

IMPACTS

- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1]
- Perte nette d'habitats floristiques[1]
- Perte nette d'habitats fauniques[1]
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques[1]

NAVIGATION COMMERCIALE ET DE PLAISANCE

On reconnaît que, dans la portion dulcicole du Saint-Laurent, les vagues et l'augmentation de la vitesse des courants à proximité des rives (jusqu'à 5 fois) générées par le passage des navires sont les facteurs érosifs les plus importants, notamment lorsque les niveaux d'eau sont élevés[1,2]. L'effet du batillage sur les rives dépend de plusieurs éléments, soit la forme des coques, la distance du navire ou de l'embarcation avec la berge et sa vitesse[1]. Les effets du batillage sont prépondérants sur les rives directement exposées au passage des navires à moins de 800 m des berges[1,2]. Notons que la largeur du tronçon fluviale varie entre 1 et 5 km[3]. La navigation de plaisance, qui est une activité populaire sur le lac Saint-Pierre, entraîne aussi une érosion importante des rives et des herbiers peu profonds, surtout au niveau des chenaux puisque les embarcations motorisées y circulent à grande vitesse[2].

ALLUVIONS

« L'une des causes principales apparentes à la vulnérabilité des berges provient de la nature même des berges constituées de formations alluvionnaires (limon et sables), qui reposent sur des argiles. À plusieurs endroits, les berges ont été remblayées de matériaux d'excavation (limon argileux) provenant du surcreusement du chenal de navigation. D'ailleurs, plusieurs îlots de rejets de dragages sont en érosion. Ces berges offrent donc très peu de résistances aux actions des vagues et des glaces, particulièrement lorsqu'elles sont déboisées ou en friches. L'érosion pourra de plus être exacerbée par des niveaux d'eau particulièrement élevés, par un substrat moins cohésif[1]. »

OUVRAGES DE PROTECTION

Les ouvrages de protection en rive sont, localement, les principales causes de l'érosion[1], puisqu'ils peuvent entraîner et accentuer des phénomènes d'érosion sur les berges situées à proximité du site protégé. Par exemple, l'établissement de résidences en haut de plage justifiant des remblais et des ouvrages de protection peut être à l'origine de l'aggravation de l'érosion des plages et des marais[1]. L'effet réflectif face aux vagues des murs, empierrement et autres ouvrages lourds de protection explique leur déchaussement par affouillement et l'abaissement des plages[1]. Notons que 62 % de rives entre Cornwall et Trois-Rivières comportent des structures de protection contre le batillage et les inondations, soit 685 km de berge, et que cette proportion tend à augmenter[1].

RÉPONSES

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)[8]
  - Mesures volontaires de réduction de la vitesse des navires
- Plan de protection du territoire face aux inondations[11]
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)[4,5]
- Stratégie québécoise de l'eau, 2018-2030[7]

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Cadre pour la prévention de sinistres (2013-2022)[6]
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert
- Programme de soutien à l'intégration de l'adaptation aux changements climatiques à la planification municipale (PIACC)[9]
- Subvention pour la conservation du lac Saint-Pierre

AUTRES

- Développement et mise à jour de la cartographie[4,5]
- Outils de concertation au sein du gouvernement québécois

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Caractérisation des berges de la partie fluviale du Saint-Laurent et analyse de l'évolution des facteurs hydro-climatiques influençant les aléas d'érosion et d'inondation[12,13]
  https://catalogue.ogsl.ca/dataset/448d2828-d249-4d77-ad68-563512977150

RÉFÉRENCES

1. **MORNEAU, F., A. BOURQUE, C. LARRIVÉE, N. AUDET** (2014), *L'exposition des rives et des zones côtières du Saint-Laurent aux aléas hydroclimatiques*. Consortium Ouranos, Rapport soumis à la Communauté métropolitaine de Québec, 57 p.
2. **DAUPHIN, DIANE, ET DENIS LEHOUX** (2004), *Bilan de la sévérité de l'érosion dans le Saint-Laurent dulcicole (Montréal – archipel de Berthier-Sorel, incluant les îles de la Paix) et stratégies de protection recommandées pour les rives à plus grande valeur biologique*. Environnement Canada, Service canadien de la faune.
3. **STRATÉGIES SAINT-LAURENT,** [En ligne], https://www.strategiessl.qc.ca/le-saint-laurent/geographie.
4. **OURANOS,** *Projet en cours: Réduire la vulnérabilité aux inondations et à l'érosion associées aux changements climatiques pour des communautés riveraines du tronçon fluvial du Saint-Laurent*, [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/FicheBlondlotHuard2017_FR.pdf.
5. **CONSEIL DE GESTION DU FONDS VERT.** Fiches de suivi des actions financées par le Fonds vert, Québec, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/cgfv/documents/fiches-suivi/index.htm.
6. **CADRE POUR LA PRÉVENTION DE SINISTRES 2013-2022, MINISTÈRE DE LA SÉCURITÉ PUBLIQUE,** [En ligne], https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/securite-civile/soutien-partenaires/soutien-aux-municipalites/cadre-pour-la-prevention-de-sinistres.html.
7. **STRATÉGIE QUÉBÉCOISE DE L'EAU 2018-2030, MELCC,** [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/strategie-quebecoise/.
8. **PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT,** [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fr/usages/navigation_durable_2011_2016/poursuivre_le_suivi_des_donnees_des_vitesses_des_navires.html.
9. **PROGRAMME DE SOUTIEN À L'INTÉGRATION DE L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES À LA PLANIFICATION MUNICIPALE (PIACC), MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES ET DE L'HABITATION,** [En ligne], https://www.mamh.gouv.qc.ca/amenagement-du-territoire/lutte-contre-les-changements-climatiques/programme-de-soutien-a-lintegration-de-ladaptation-aux-changements-climatiques-a-la-planification-municipale-piacc/.
10. **PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT,** [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fr/usages/comites_de_concertation/navigation.html
11. **PLAN DE PROTECTION DU TERRITOIRE CONTRE LES INONDATIONS – DES SOLUTIONS DURABLES POUR MIEUX PROTÉGER NOS MILIEUX DE VIE,** [En ligne], https://www.mamh.gouv.qc.ca/amenagement-du-territoire/plan-de-protection-du-territoire-face-aux-inondations-des-solutions-durables-pour-mieux-proteger-nos-milieux-de-vie/.

Pesticides dans le lac Saint-Pierre

ÉTAT

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Ne s'applique pas; période de suivi trop courte.

Les projets de suivi réalisés s'inscrivent dans le contexte de la mobilisation des chercheurs pour tenter d'expliquer certaines perturbations du lac Saint-Pierre, comme les difficultés de fraie de la perchaude et la transformation des herbiers aquatiques du lac.

Les suivis réalisés en 2014 et 2015 à six stations (figure 1) dans les eaux peu profondes bordant les rives du lac Saint-Pierre ont permis de détecter 23 pesticides parmi une centaine de pesticides analysés. Les produits détectés le plus souvent sont ceux qui sont généralement utilisés dans les cultures de maïs et de soya. En 2014 et 2015, les herbicides *S*-métolachlore et atrazine ont été détectés dans tous les échantillons prélevés, mais plusieurs autres herbicides, comme le glyphosate, le mésotrione et l'imazéthapyr, de même que les produits de dégradation de l'atrazine, soit le déséthylatrazine (DEA) et le désisopropylatrazine (DIA), ainsi que le produit de dégradation du glyphosate, l'acide aminophosphonique (AMPA), étaient présents (figure 2).

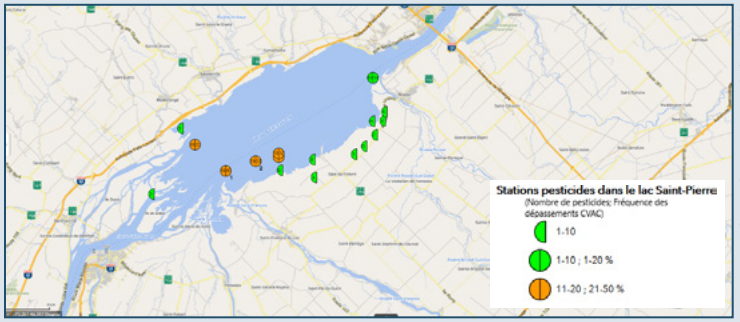
Les insecticides néonicotinoïdes thiaméthoxame et clothianidine ont été détectés en moyenne dans 76 % et 65 % des échantillons respectivement, alors que le chlorantraniliprole était détecté en moyenne dans 10 % des échantillons. Les insecticides néonicotinoïdes dépassent le critère de qualité de l'eau établi pour la protection des espèces aquatiques, le principal utilisé étant le critère de vie aquatique chronique (CVAC). Le thiaméthoxame dépasse le CVAC dans 31 % des échantillons en moyenne pour l'ensemble des stations, alors que la clothianidine le dépasse dans 26 % des échantillons en moyenne pour les années 2014 et 2015. Selon le produit, l'amplitude des dépassements a varié entre 1 et plus de 10 fois la valeur des critères. Compte tenu de la fréquence des dépassements des CVAC, l'état est qualifié d'intermédiaire-mauvais.

Les concentrations de pesticides mesurées au lac Saint-Pierre sont généralement plus faibles que celles qui sont mesurées dans les petits tributaires agricoles qui drainent directement

DESCRIPTION

Le lac Saint-Pierre est caractérisé par des milieux humides et des herbiers aquatiques propices à une grande diversité biologique. Il est d'ailleurs reconnu par l'UNESCO comme une réserve mondiale de la biosphère. Plusieurs de ses tributaires sont situés dans des bassins versants à dominance agricole. Avant de se mélanger, les eaux des tributaires, la Yamaska par exemple, s'écoulent dans le lac sur plusieurs kilomètres en masses d'eau distinctes dont le panache se prolonge loin en aval dans les zones peu profondes qui bordent les rives. Au cours des campagnes d'échantillonnage menées de 2013 à 2015, six sites ont été échantillonnés pour vérifier la présence et les teneurs en pesticides dans le lac Saint-Pierre. De plus, au printemps 2013, onze sites ont été échantillonnés dans les lieux de fraie et d'alevinage de la perchaude.

Figure 1 Sites échantillonnés dans le lac Saint-Pierre en 2014 et 2015 et dans les zones de fraie de la perchaude au printemps 2013



Source: Gouvernement du Québec, 2020

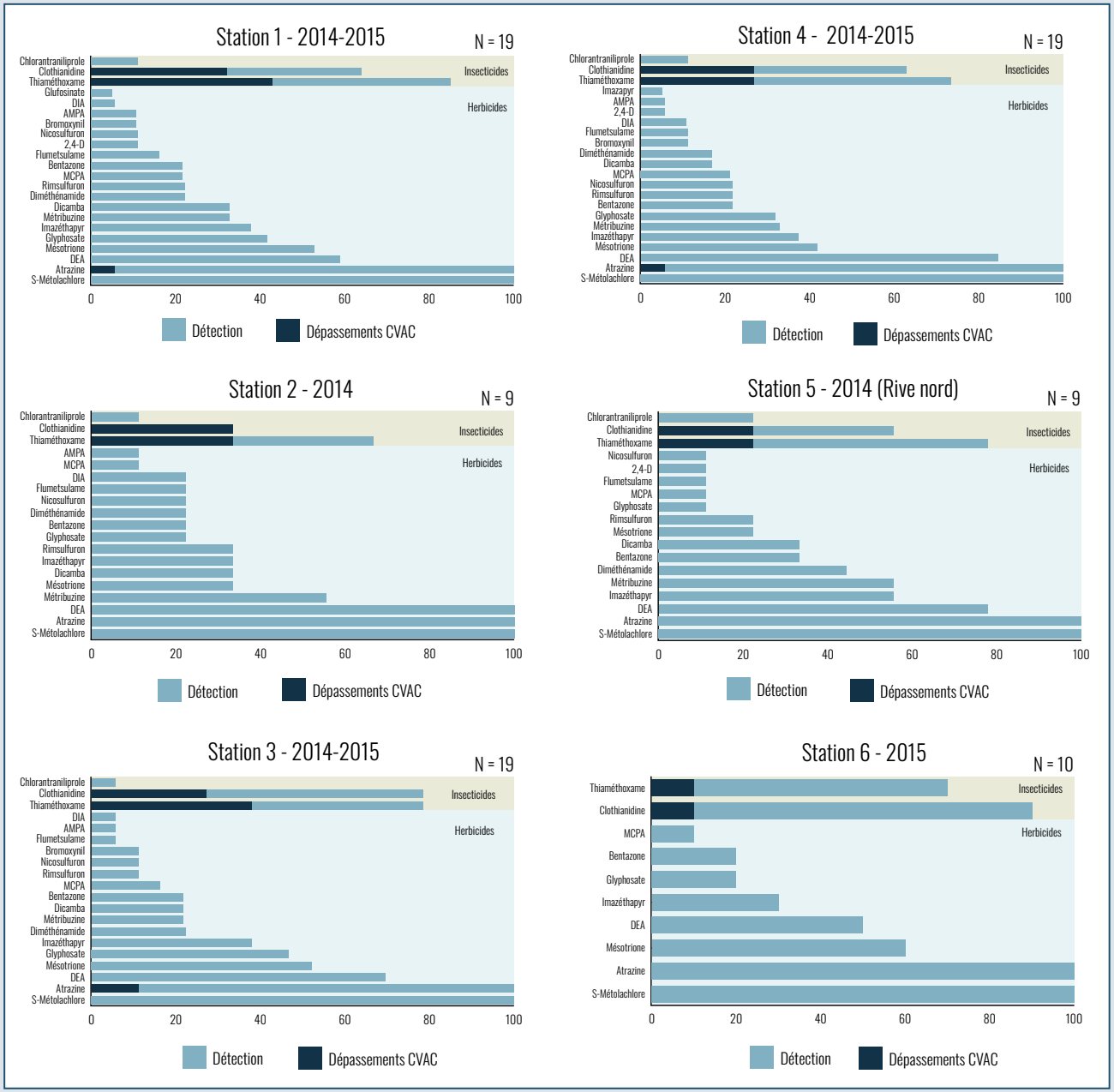
Pour les stations échantillonnées dans le lac Saint-Pierre durant les étés 2014 et 2015, les symboles indiquent le nombre de pesticides détectés et la fréquence des dépassements des critères de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques (critère chronique ou CVAC) pour chaque station. Pour les sites de fraie de la perchaude échantillonnés au printemps 2013, seul le nombre de pesticides détecté a été représenté, car les conditions de l'échantillonnage (nombre de pesticides analysés, nombre de prélèvements, période d'échantillonnage) ne permettait pas la comparaison des fréquence de dépassements des CVAC avec les stations du lac.

Rédigée par: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

les champs en culture. Toutefois, elles sont similaires à celles qui sont mesurées à l'embouchure des grands tributaires du lac (ex.: Yamaska, Saint-François, Nicolet). À titre d'exemple, les concentrations d'atrazine et de S-métolachlore se maintiennent entre la station 1 et les stations 3 et 4 situées à environ 7 km en aval. À la station 6, située près de la sortie du lac Saint-Pierre, à environ 23 km en aval, le nombre de pesticides détectés et les concentrations mesurées sont plus faibles par suite du processus de dilution et de mélange des masses d'eau.

Des échantillons ont aussi été prélevés au printemps 2013, pour vérifier la présence de pesticides dans les secteurs inondés bordant le lac et fréquentés par la perchaude durant la période de reproduction, d'incubation des œufs et d'alevinage, soit entre 19 avril et 13 juin. La plupart des échantillons ont été prélevés durant la période précédant les applications de pesticides de la saison 2013. Néanmoins, selon les stations, de 2 à 6 pesticides y ont été détectés. Ce sont des pesticides utilisés dans les grandes cultures au cours de la saison de production de l'année précédente. On trouve notamment de faibles concentrations de *S*-métolachlore, AMPA, atrazine et DEA, l'AMPA étant celui qui présentait les concentrations les plus élevées. Ces détections peuvent provenir d'une remise en suspension des produits utilisés dans les champs inondés ou de l'apport par les tributaires situés en amont. À noter que les insecticides néonicotinoïdes, dont la problématique était alors moins connue, n'avaient pas été analysés.

Figure 2 Fréquence moyenne de détection et de dépassements des CVAC pour les pesticides dans le lac Saint-Pierre en 2014 et 2015 (%)



Plusieurs pesticides ont été détectés aux six stations échantillonnées dans le lac Saint-Pierre. Parmi ceux-ci, l'atrazine a été détecté dans tous les échantillons et dépasse son CVAC dans 5% de ceux-ci en moyenne. Les insecticides thiamétoxame et clothianidine ont été détectés dans 76% et 65% des échantillons et dépassent le CVAC dans 31% et 26% des échantillons en moyenne.

Durant la période de fraie, d'incubation des œufs et d'alevinage, les jeunes perchaudes sont donc exposées à de faibles concentrations de pesticides lors des premières étapes de leur développement. Par la suite, vers la fin de mai, les eaux se retirent de la zone inondable et les cultures reprennent dans les champs. Les concentrations de pesticides dans le lac connaissent alors une augmentation avec des pointes de concentrations plus élevées qui surviennent habituellement vers la fin de juin ou au début de juillet.

PRESSIONS

Le lac Saint-Pierre subit une forte pression provenant des terres agricoles, notamment sur la rive sud du lac. En 2013, le territoire des tributaires du lac Saint-Pierre était constitué de 9307 km^2 de terres agricoles, dont plus de 50% sont occupées par les cultures à grand interligne, notamment le maïs et le soya. Les cultures à grand interligne couvrent 58% des terres cultivées sur la rive nord, 52% de celles de la rive sud et 49% de celles de l'archipel des îles du lac Saint-Pierre. Le fourrage occupe entre 19% et 28% du sol en milieu agricole alors que les cultures à interligne étroit occupent entre 5% et 8% dans les mêmes secteurs. Dans la portion québécoise du bassin versant de la rivière Richelieu et dans celui de la rivière Chicot, de même que dans les petits bassins versants bordant la rive sud du lac Saint-Pierre, 70% de la superficie des terres cultivées est en cultures à grand interligne[3]. En général, dans ces tributaires, les bandes riveraines sont inexistantes ou en mauvais état. De plus, dans le littoral du lac Saint-Pierre, les cultures annuelles (maïs et soya) ont remplacé des cultures pérennes (fourrages, pâturages), des milieux humides et des friches[3].

Les pesticides utilisés sur les vastes superficies de grandes cultures dans les bassins versants en amont peuvent être transportés par le cours d'eau jusqu'au lac Saint-Pierre. D'ailleurs la présence de pesticides dans les tributaires de la rive nord et de la rive sud du lac Saint-Pierre a déjà été documentée[2,4,5]. À titre d'exemple, du côté nord du lac, les rivières Chaloupe, Bayonne et du Loup montrent à leur embouchure des dépassements des CVAC pour un ou plusieurs pesticides dans 100%, 54% et 45% des échantillons respectivement. Du côté sud, les rivières Richelieu, Yamaska, Saint-François et Nicolet présentent des dépassements dans 10%, 89% 18% et 18% des échantillons respectivement. À cela s'ajoutent les apports non encore bien documentés provenant des petits cours d'eau drainant la zone littorale du lac Saint-Pierre.

FORCES

- Activités agricoles[3,4,5]

IMPACTS

- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1,3]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur les pesticides* (RLRQ, c. P-9.3)
  - *Code de gestion des pesticides* (RLRQ, c. P-9.3, r. 1)[9]
  - *Règlement sur les permis et les certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides* (RLRQ, c. P-9.3, r. 2)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture, 2011-2021[11]
- Stratégie québécoise de l'eau, 2018-2030[10]
- Stratégie québécoise sur les pesticides

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert[12]
- Subvention pour la conservation du lac Saint-Pierre[13]

AUTRES

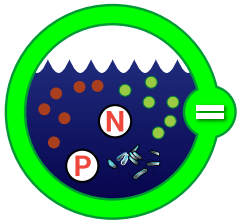
- Rapports et publications de sensibilisation[1,2,3,4,5,6]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Le réchauffement climatique accroîtra l'évaporation des eaux des Grands Lacs qui constitue la principale source du Saint-Laurent. Cela pourrait entraîner une baisse du niveau d'eau du fleuve et une réduction de son débit[7]. Il est possible que les changements dans la fréquence des événements de précipitations ou de crues intenses, l'augmentation de la sévérité des étiages et l'augmentation de la température de l'eau conjugués avec les changements dans le domaine agricole (apparition de nouveau ravageurs, allongement de la saison de croissance des cultures, expansion des zones agricoles vers d'autres régions) auront aussi des répercussions sur la qualité de l'eau des tributaires agricoles et, par conséquent, sur le lac Saint-Pierre lui-même[6,7]. Au lac Saint-Pierre, les chercheurs[7] anticipent que ces changements auront des impacts majeurs en perturbant les milieux humides et la qualité de l'eau. Des habitats risquent de disparaître et les substances polluantes (azote, phosphore, pesticides, etc.) seront probablement plus concentrées, ce qui pourrait occasionner une baisse de la biodiversité.

RÉFÉRENCES

1. **GIROUX, I.** (2018). État de situation sur la présence de pesticides au lac Saint-Pierre, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'information sur les milieux aquatiques, 27 p. + 4 ann. ISBN 978-2-550-81692-8, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/lac-st-pierre/etat-presence-pesticides.pdf.
2. **GIROUX, I., S. HÉBERT, D. BERRYMAN** (2016). « Qualité de l'eau du Saint-Laurent de 2000 à 2014: paramètres classiques, pesticides et contaminants émergents », dans *Le Naturaliste canadien*, numéro thématique sur le Saint-Laurent, vol. 140(2), p. 26-34.
3. **TCRLSP** (2020). Amélioration de la qualité de l'eau au lac Saint-Pierre, Table de concertation régionale du lac Saint-Pierre, 110 p.
4. **GIROUX, I.** (2019). Présence de pesticides dans l'eau au Québec: portrait et tendances dans les zones de maïs et de soya, 2015 à 2017, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 64 p. + 6 ann. ISBN 978-2-550-83220-1, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/mais_soya/portrait2015-2017/rapport-2015-2017.pdf.
5. **GIROUX, I.** (2015). Présence de pesticides dans l'eau au Québec: portrait et tendances dans les zones de maïs et de soya, 2011 à 2014, Québec, ministère du Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 47 p. + 5 ann., ISBN 978-2-550-73603.
6. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation: synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, édition 2015, Montréal (Québec), 234 p., [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseRapportfinal.pdf.
7. **DULUDE, A.-M.** (2016). *Impacts du réchauffement climatique sur le lac Saint-Pierre*. Coopérative de solidarité de la réserve de la biosphère du lac Saint-Pierre, 28 p.
8. **MFFP** (2018). Prolongation de 5 ans du moratoire sur la pêche à la perchaude au lac Saint-Pierre, [En ligne], https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/peche/prolongation-moratoire-perchaude/.
9. *Code de gestion des pesticides*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/permis/code-gestion/index.htm.
10. **STRATÉGIE QUÉBÉCOISE SUR LES PESTICIDES** 2015-2018, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/strategie2015-2018/index.htm.
11. **STRATÉGIE PHYTOSANITAIRE QUÉBÉCOISE EN AGRICULTURE** 2011-2021, [En ligne], https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Strategie_phytosanitaire.pdf.
12. **PROGRAMME PRIME-VERT** (MAPAQ), [En ligne], https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/md/programmesliste/agroenvironnement/Pages/Prime-Vert.aspx.
13. **SUBVENTION POUR LA CONSERVATION DU LAC SAINT-PIERRE,** [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/infuseur/communique.asp?no=3933.



Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve

ÉTAT

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien

La qualité des grandes masses d'eau du fleuve selon l'IQBP$_5$ est intermédiaire-bon. Près de la moitié des 27 sites de suivi présentent une eau de bonne qualité et le tiers affichent une qualité satisfaisante (figure 1). En revanche, deux sites affichent une eau de qualité mauvaise ou très mauvaise.

La qualité de l'eau varie de l'amont vers l'aval (figure 2). Elle est bonne dans la zone s'étalant du canal de Beauharnois à l'exutoire du lac Saint-Louis, mais se détériore en aval de Montréal. La qualité y est douteuse à très mauvaise pour les masses d'eau du fleuve s'écoulant au centre et au nord. L'état demeure douteux à la sortie du lac Saint-Pierre dans la masse d'eau du centre, mais s'améliore par la suite avec des sites qui affichent une cote satisfaisante ou bonne pour le tronçon entre Trois-Rivières et Québec.

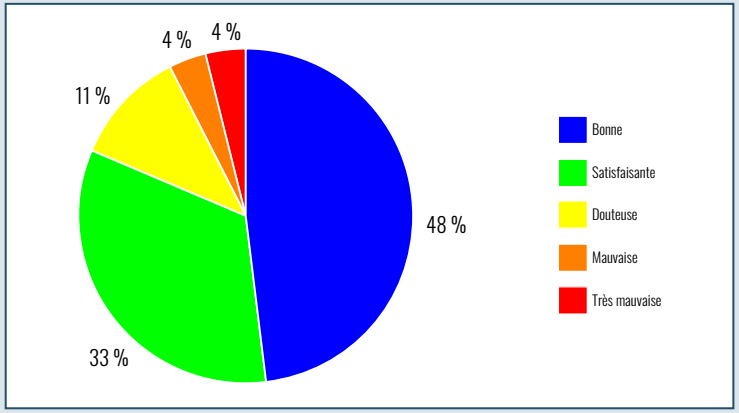
La détérioration de la qualité de l'eau selon l'IQBP$_5$ est majoritairement influencée par les coliformes fécaux. En 2015-2017, 41 % des sites suivis dépassent au moins la moitié du temps le critère de 200 UFC/100 ml pour la baignade. Près de la moitié (45 %) des échantillons prélevés (tous sites confondus) dépassent ce critère et l'amplitude moyenne des dépassements est de cinq fois (figure 3). Seize pour cent des échantillons dépassent également le critère déterminé pour le contact indirect de 1000 UFC/100 ml, avec une amplitude moyenne de 2,9 fois. À trois sites, au moins la moitié des échantillons se situent au-dessus de ce critère.

DESCRIPTION

La qualité générale des grandes masses d'eau du fleuve Saint-Laurent a été évaluée pour chaque site entre 2015 et 2017 en utilisant l'indice de qualité bactériologique et physicochimique[6] basé sur cinq paramètres (IQBP$_5$): le phosphore total, l'azote ammoniacal, les nitrites et nitrates, les coliformes fécaux et la chlorophylle a totale. Contrairement aux rivières où l'on utilise l'IQBP$_6$ ↘[1] ↘[2], les matières en suspension ont été retirées puisqu'un examen approfondi a révélé que leur présence était attribuable principalement à l'érosion naturelle du lit et des berges du fleuve[1]. L'état global de l'indicateur est déterminé par le pourcentage de sites, sur les 27 sites suivis, dont l'IQBP$_5$ est de bonne qualité:

- 66 % et plus: bon
- 40 % à 65 %: intermédiaire-bon
- 30 % à 39 %: intermédiaire
- 20 % à 29 %: intermédiaire-mauvais
- Moins de 20 %: mauvais

Figure 1 Qualité de l'eau des masses d'eau du fleuve selon l'IQBP$_5$ entre 2015 et 2017



Répartition des cinq classes de qualité de l'eau selon l'indice de qualité bactériologique et physicochimique (IQBP$_5$) pour les 27 stations du fleuve entre 2015 et 2017.

Rédigée par: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Deux autres paramètres inclus dans l'IQBP$_5$, le phosphore total et la chlorophylle α totale, présentent des dépassements de critères ou de valeurs repères qui demeurent occasionnels (figure 3). Pour les concentrations de phosphore, seulement 8 % de tous les échantillons prélevés dépassent le critère pour la protection de la vie aquatique de 0,03 mg/l. De plus, les concentrations moyennes de ce paramètre sont sous le critère pour 96% des stations. Ainsi, une seule station dépasse le seuil de 0,03 mg/l pour la période 2015-2017. En ce qui concerne les nitrites-nitrates et l'azote ammoniacal, aucun dépassement n'a été recensé entre 2015 et 2017.

Les dépassements sont aussi calculés pour deux paramètres complémentaires qui ne composent pas l'IQBP$_5$: les solides en suspension et la turbidité (figure 3). La turbidité constitue le paramètre qui présente la plus haute fréquence de dépassement, avec 53% des échantillons qui dépassent la valeur repère de 5,2 UTN pour une amplitude moyenne de près de 2 fois. De même, plus de la moitié des sites (59%) présentent une médiane supérieure à la valeur repère.

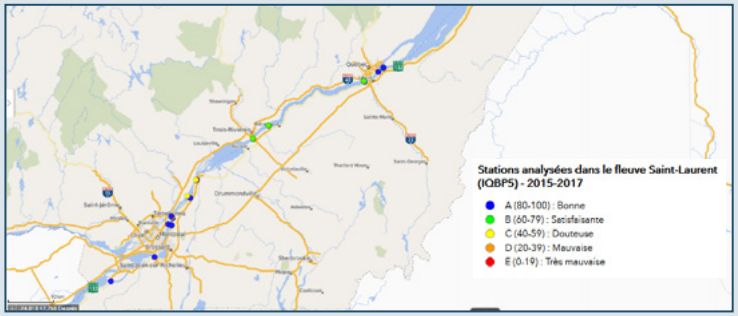
TENDANCE

L'état global des masses d'eau du fleuve basé sur l'IQBP$_5$ se maintient à intermédiaire-bon pour la période 2015-2017, ce qui correspond à l'état noté dans plusieurs portraits antérieurs[13, 16, 19, 20]. Entre 1995 et 2017, le pourcentage annuel de stations de qualité bonne ou satisfaisante a fluctué entre 74% et 89%. En 2015 et 2016, il était de 85%. En 2017, il avait diminué à 78%.

Les tendances pour chaque paramètre ont été analysées entre 1995 et 2017 pour 26 des 27 stations suivies, sauf pour le phosphore. Un changement dans les méthodes d'analyse du phosphore survenu à la fin de l'année 2011 fait que les tendances pour ce paramètre ont été mesurées en deux phases : de 1995 à 2011, puis de 2012 à 2018. Aussi, bien que la chlorophylle α totale soit utilisée dans le calcul de l'IQBP$_5$, c'est la chlorophylle α active (excluant la phéophytine) qui sert dans l'évaluation des tendances par paramètre. Les tendances des cinq paramètres constituant l'IQBP$_5$ et de six paramètres complémentaires sont présentées à la figure 4.

Pour les paramètres liés à l'IQBP$_5$, la majorité des sites ne présentent pas de changement significatif dans les concentrations de coliformes fécaux, suggérant que l'état bactériologique global ne s'améliore pas. Comme les

Figure 2 Indice de qualité bactériologique et physicochimique (IQBP$_5$) 2015-2017 des masses d'eau du fleuve Saint-Laurent



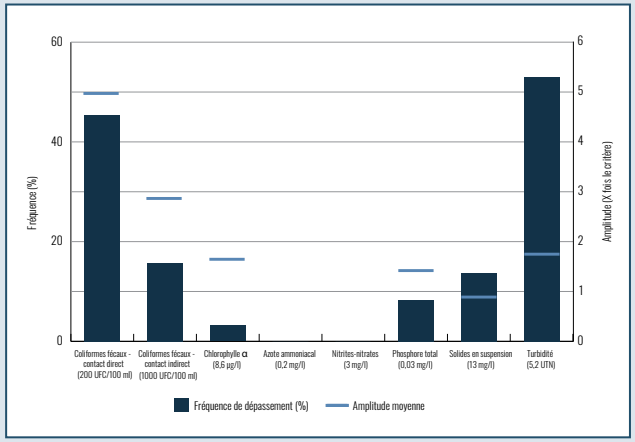
Source: Gouvernement du Québec, 2020

Classe de qualité de l'eau selon l'indice de qualité bactériologique et physicochimique (IQBP$_5$) des 27 stations du fleuve pour la période de 2015 à 2017.

coliformes fécaux constituent le paramètre le plus souvent déclassant pour l'IQBP$_5$ des stations du fleuve, cette absence d'amélioration explique la tendance globale inchangée (maintien). L'azote ammoniacal stagne également avec 96 % des sites sans tendance, alors que 69 % des sites ne présentent aucune tendance pour les nitrites-nitrates. Toutefois, près de la moitié des sites (46 %) affichent une diminution significative des concentrations de phosphore entre 1995 et 2011, les autres sites ne démontrant aucune tendance. Ces diminutions sont de l'ordre de 5 µg/l en moyenne. Cette tendance à la baisse ne s'observe en 2012 et 2018 qu'à 8 % des sites, les autres demeurant stables. En revanche, la chlorophylle α active augmente significativement pour la quasi-totalité des sites suivis, bien que l'augmentation soit modeste (1 µg/l en moyenne) et que, comme nous l'avons mentionné précédemment, les valeurs médianes de chlorophylle α totale indiquent une bonne qualité de l'eau la majorité du temps.

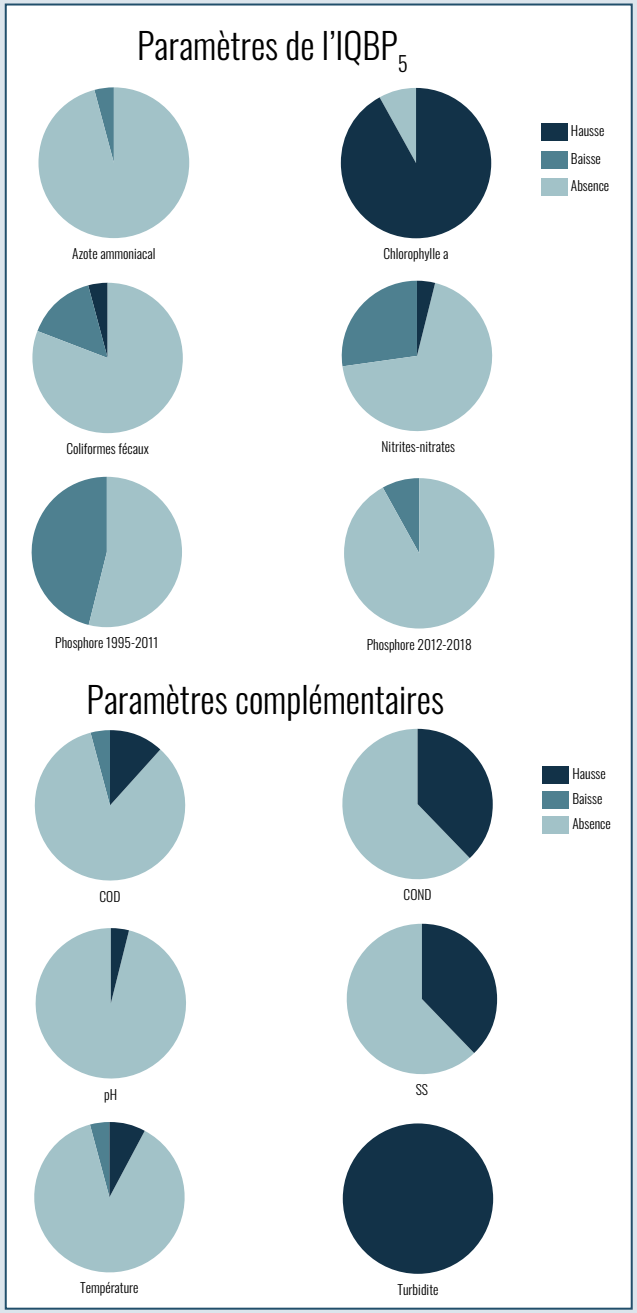
Pour les paramètres complémentaires, trois d'entre eux indiquent des hausses significatives notables. Plus du tiers des sites (38 %) démontrent respectivement un accroissement dans la conductivité et les matières en suspension. Pour ce qui est de la turbidité, tous les sites accusent une importante hausse. Le pourcentage moyen d'augmentation se chiffre à 191 % (89 % à 424 %). Les autres paramètres montrent peu de changements significatifs.

Figure 3 Fréquence et amplitude de dépassement des cinq paramètres de l'IQBP$_5$ et de deux paramètres complémentaires entre 2015 et 2017



La fréquence et l'amplitude de dépassement des concentrations ont été évaluées pour les 27 sites confondus entre 2015 et 2017. Pour chaque paramètre, la fréquence de dépassement est représentée par un bâtonnet (▬) et l'amplitude est représentée par un trait (–). Le critère ou la valeur repère par rapport auxquels le dépassement est évalué sont indiqués entre parenthèses sous le nom du paramètre sur l'axe des abscisses.

Figure 4 Tendances temporelles des paramètres suivis dans les masses d'eau du fleuve entre 1995 et 2017



Tendances dans les concentrations des cinq paramètres de l'IQBP$_5$ et de six paramètres complémentaires. Les tendances significatives à la hausse et à la baisse sont affichées, de même que l'absence de tendance.

Pour la chlorophylle α, les concentrations de chlorophylle α active (sans la phéophytine) ont été utilisées pour évaluer les tendances.

PRESSIONS

Les activités humaines réalisées à l'échelle des bassins versants constituent des sources de nutriments et de contaminants susceptibles de s'écouler vers les lacs et les rivières. En milieu urbain, le ruissellement sur les surfaces imperméables, le rejet d'eaux usées, la présence de mauvais raccordements de réseaux d'égouts ainsi que les débordements d'égouts survenant par temps de pluie amènent leur lot de microorganismes pathogènes, de nutriments et de matières en suspension vers les milieux aquatiques[21,24,25,32]. En milieu agricole, la superficie en culture, la présence de divers types de cultures (grand interligne et interligne étroit, fourrages, autres) et la densité animale ont été liées à un accroissement des concentrations ou des charges en nutriments (azote et phosphore), matières en suspension, turbidité, coliformes fécaux et chlorophylle α dans des rivières québécoises[21,22,23,24,25,38,41]. Ces cours d'eau entraînent les polluants avec eux jusqu'au fleuve Saint-Laurent, où ils constituent une importante source de contamination[26,27,28].

Les faibles valeurs d'$IQBP_5$ observées en aval de Montréal dans les masses d'eau s'écoulant au centre et au nord du fleuve sont attribuables surtout à la présence de coliformes fécaux provenant des stations d'épuration de Montréal, de Longueuil et de Repentigny, qui traitent, mais ne désinfectent pas leurs eaux usées avant de les rejeter dans le fleuve. Les hauts taux de dépassement du critère pour la baignade (200 UFC/100 ml) témoignent de l'impact de ces rejets sur les usages dans les grandes masses d'eau du fleuve. Cette altération de la qualité bactériologique de l'eau est aussi perceptible sur les rives du fleuve, comme le montre la fiche sur les sites potentiels de baignade du fleuve. Les précipitations abondantes recensées au printemps 2017 au sud de la province[10] pourraient également avoir contribué à un plus grand nombre de débordements des réseaux d'égouts municipaux, qui constituent une autre source de contamination en coliformes fécaux[8,29,30]. Cela pourrait expliquer le pourcentage légèrement plus faible de stations (78 %) de qualité bonne ou satisfaisante par rapport aux années 2015 (85 %) et 2016 (85 %).

Outre les rejets de l'agglomération montréalaise, les apports provenant des différents tributaires ne sont pas négligeables. Par exemple, Hudon et ses collaborateurs (2017)[28] ont noté que 33 % des matières en suspension, 20 % de l'azote total et 27 % du phosphore total mesurés dans le fleuve à la hauteur de la ville de Québec provenaient de ses tributaires (excluant la rivière des Outaouais). Il n'est donc pas surprenant que la diminution en phosphore observée dans les tributaires du fleuve au courant des années 2000 et associée aux politiques et aux travaux visant à réduire l'utilisation du phosphore et ses rejets dans l'environnement[23,31] soit également

FORCES

- Urbanisation[21,22,24,25,32,38]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[1,28,29,30,32]
- Activités industrielles
- Activités forestières[32]
- Activités agricoles[21,22,23,24,25,27,38]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)
- Dragage du fleuve et développement de la voie maritime[26]

IMPACTS

- Problèmes d'approvisionnement pour les activités agricoles[40]
- Contamination de l'eau potable utilisée et problèmes de santé en découlant[27,39,40]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)[27,30,40,*]
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[13,16,19]
- Perte nette d'habitats floristiques[13,16,19,27]
- Perte nette d'habitats fauniques[13,16,19]
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques[27,32,40]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[2,7,8,9,10,11,17,18,34,35,36,38]
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[9,11]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[2,7,8,9,10,11,17,18,36,37]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[7,11,17,18,37]

observée à plusieurs stations du fleuve entre 1995 et 2011. Toutefois, les eaux des Grands Lacs, qui contribuent pour 28% du phosphore mesuré à Québec selon Hudon et ses collaborateurs (2017)[28], présentent dans la même étude une augmentation des concentrations en phosphore entre 2001 et 2011, alors que les tendances aux sites québécois influencés par cette masse d'eau indiquent plutôt une baisse ou une stabilité. Le tronçon entre le point de mesure de Hudon et ses collaborateurs (2017)[28], situé à la sortie du lac Ontario (Wolfe Island), et la station qui en est la plus près au Québec (Salaberry-de-Valleyfield) est ponctué d'activités anthropiques variées qui pourraient moduler les concentrations observées. Aussi, les approches utilisées diffèrent entre les deux études (comparaison de deux blocs d'années contre l'utilisation de séries continues).

Enfin, certains processus propres au fleuve (dynamique d'érosion et de sédimentation du phosphore) pourraient être en cause et demeurent à être évalués.

Les processus favorisant la turbidité sont actifs dans le fleuve et semblent être en croissance. Non seulement la turbidité augmente à tous les sites entre 1995 et 2017, mais elle excède souvent la valeur repère de 5,2 UTN pour l'intervalle 2015-2017. Cette observation s'apparente à celle qui a été effectuée par Patoine et D'Auteuil-Potvin (2013)[23] qui ont noté une augmentation de la turbidité pour plusieurs rivières agricoles québécoises entre 1999 et 2008. Cette augmentation, alors que le phosphore diminue, suggère que les mesures visant à réduire la pollution diffuse n'ont pas eu d'effets positifs sur la turbidité.

Les auteurs[23] suggèrent que l'augmentation dans la superficie des cultures annuelles et de possibles changements dans les facteurs hydrologiques pourraient être mis en cause. Outre l'apport des tributaires agricoles, les processus d'érosion du lit et des berges du fleuve compteraient pour une large part des matières en suspension et de la turbidité mesurées (65% de la matière particulaire en suspension[26,28]). Bien que ces processus soient grandement liés à la composition naturelle du lit et des berges du fleuve, il n'est pas exclu que les activités anthropiques comme la régulation des débits, le dragage de la voie maritime ou le creusage du canal de Beauharnois aient exacerbé la situation[26]. Enfin, la tendance à la hausse de la chlorophylle α pourrait contribuer à augmenter la turbidité.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques pourraient influencer la future qualité de l'eau du fleuve en agissant sur les précipitations, le couvert nival et les températures[9,11]. Ces effets pourraient affecter à leur tour le régime hydrologique en générant notamment des crues printanières plus hâtives et des étiages estivaux plus prononcés[7,9].

Des étiages plus prononcés se traduiraient par une plus faible dilution des polluants[7,17,37]. La diminution du courant pourrait en revanche favoriser une réduction des concentrations d'éléments associés aux particules qui se déposent au fond des cours d'eau[17], comme le phosphore particulaire[33]. De plus, la réduction des débits et l'augmentation du temps de résidence pourraient exacerber la hausse de la température de l'eau. Les effets combinés pourraient inclure un accroissement des nitrates (nitrification accrue dans le milieu aquatique) ou, à l'inverse, leur diminution (dénitrification accrue), un changement dans la composition des espèces algales, ainsi que la création de conditions favorables pour des floraisons de cyanobactéries[17,18,37].

Une hausse dans l'intensité et le nombre d'événements extrêmes de pluie[7,34,35] conduirait à des débordements plus fréquents d'eaux usées domestiques et industrielles susceptibles d'entraîner avec elles divers polluants vers les milieux aquatiques[8,32]. Elle pourrait favoriser un plus grand ruissellement de surface qui entraînerait des particules de sol du milieu agricole ou de surfaces imperméables vers les cours d'eau, augmentant la turbidité, les solides en suspension, de même que les nutriments rattachés[18,33,36,38,42,43,44]. Cela pourrait être exacerbé par l'élévation de la température du sol susceptible d'augmenter la mobilité des nutriments (ex.: nitrification accrue dans les sols)[17,18].

Une augmentation des fortes crues pourrait accroître l'érosion des rives et du lit du fleuve et de ses tributaires, engendrant une remobilisation des nutriments ou des microorganismes associés aux sédiments remis en suspension[17,33,36]. Enfin, ces changements du régime hydrique pourraient affecter la distribution des panaches de polluants et affecter des lieux qui ne l'étaient pas dans le passé[7].

Les masses d'eau du fleuve affichent une augmentation significative des concentrations de chlorophylle **a**, malgré une stabilité et une diminution partielle des nitrites-nitrates, de même qu'une baisse des concentrations de phosphore (la chlorophylle **a** présente aussi des tendances significatives pour la période 1995-2011 utilisée pour le phosphore). Une augmentation de la photosynthèse résultant d'une hausse de la température de l'eau et d'une saison de croissance plus hâtive pourrait être en cause. La majorité des sites (81 %) présentent en effet une augmentation de la température de l'eau entre 1995-2017, bien que cette tendance à la hausse ne soit significative que pour deux d'entre eux. Entre la fin des années 1970 et le début des années 2000, Hudon et ses collaborateurs (2003)[14] notaient déjà un accroissement de la température moyenne annuelle de l'eau à trois prises d'eau du fleuve dans le secteur de Montréal. De plus, la durée de saison de croissance calculée s'avérait plus longue à la fin de cette période, appuyant l'hypothèse d'un effet des températures sur la tendance mesurée dans la chlorophylle.

Pour les paramètres complémentaires à l'$IQBP_5$, la tendance à la hausse de la turbidité, des matières en suspension et de la conductivité pourrait témoigner d'un certain effet des changements climatiques sur la qualité de l'eau du fleuve. Les débits moyens mesurés en 2017 dans le fleuve Saint-Laurent se sont avérés les plus élevés de la période 1995-2017[12]. Ces derniers étaient associés au deuxième apport de plus fortes pluies combiné au huitième couvert de neige le plus chargé en eau sur 55 années de suivi[10]. Une tendance croissante dans la fréquence et l'intensité des crues pourrait engendrer des charges plus élevées en particules diverses dans les cours d'eau et expliquer les observations effectuées. Dans la littérature, des corrélations positives ont aussi été établies entre les concentrations de carbone organique dissous (COD), les précipitations, les épisodes de crues et les températures[17,18,43]. Un climat plus chaud et plus humide pourrait donc augmenter les concentrations de COD dans les eaux de surface[17]. Il pourrait en être de même pour d'autres paramètres tels que l'acidification (pH), bien que le sens de la tendance diverge selon les études[17,18]. Pour le fleuve, aucune tendance claire n'a été détectée pour le COD ou le pH.

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)
  - *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* (R.Q. c. Q-2, r. 22)
  - *Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées* (R.Q. c. Q-2, r. 34.1)
  - *Règlement sur la protection des eaux contre les rejets des embarcations de plaisance* (R.Q. c. Q-2, r. 36)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Programmes d'aide financière consacrés aux infrastructures municipales
  - Fonds pour l'infrastructure municipale d'eau (FIMEAU)
  - Programme d'infrastructures municipales d'eau (PRIMEAU)

AUTRES

- Développement et mise à jour d'atlas[4]
- Réseaux de suivi[3]

POUR EN SAVOIR PLUS...

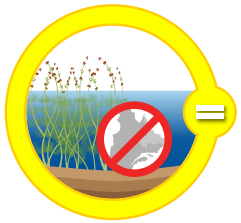
- Physicochimie et bactériologie des tributaires du fleuve
- Physicochimie et bactériologie des cours d'eau en milieu agricole

RÉFÉRENCES

1. **HÉBERT, SERGE** (2016). *La qualité de l'eau du secteur fluvial: paramètres physico-chimiques et bactériologiques*, 4e édition, Québec, Sa majesté la Reine du Chef du Canada, représentée par la ministre de l'Environnement et Changement climatique Canada et Gouvernement du Québec, 4 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/fiches_indicateurs/Francais/Qualité_fleuve_4e_ed.pdf.
2. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2017). « Faits saillants. Crue printanière de 2017: le plus fort apport en eau potentiel depuis 1974 », dans le site du ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2017/crue-printaniere.htm (page consultée le 18 juillet 2019).
3. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « Suivi des grandes masses d'eau – Fleuve Saint-Laurent », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/suivi_mil-aqua/eau_stlaurent.htm (page consultée le 18 juillet 2019).
4. *Atlas de l'eau*, [En ligne], www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas.
5. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « Critères de qualité de l'eau de surface », dans le site du ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp (page consultée le 2019-10-01).
6. **HÉBERT, SERGE** (1997). *Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq n° EN/970102, 20 p. et 4 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/rivieres/indice/IQBP.pdf.
7. **ROUSSEAU, ALAIN, ALAIN MAILHOT, MICHEL SLIVITZKY, JEAN-PIERRE VILLENEUVE, MANUEL J. RODRIGUEZ ET ALAIN BOURQUE** (2004). « Usages et approvisionnement en eau dans le sud du Québec », *Canadian Water Resources Journal*, vol. 29, nº 2, p. 121-134.
8. **FORTIER, CLAUDINE** (2013). *Impact des changements climatiques sur les débordements des réseaux d'égouts unitaires*, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, Centre eau terre environnement. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de maîtrise en sciences de l'eau, 125 p. et 6 annexes.
9. **CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC** (CEHQ) (2015). *Atlas hydroclimatique du Québec méridional: impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050*, Gouvernement du Québec, Québec, ISBN: 978-2-550-72996-9, 81 p.
10. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « Faits saillants. Crue printanière de 2017: le plus fort apport en eau potentiel depuis 1974 », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2017/crue-printaniere.htm (page consultée le 24 septembre 2019).
11. **OURANOS** (2015). *Sommaire de la synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, édition 2015, Montréal (Québec), Ouranos, 13 p., [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseSommaire.pdf.
12. **MORIN, GUY** (2018). Communication personnelle, Québec, Environnement et Changement climatique Canada, Section hydrologie et écohydraulique.
13. **GROUPE DE TRAVAIL SUIVI DE L'ÉTAT DU SAINT-LAURENT** (2014). *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2014*, Plan Saint-Laurent, Environnement Canada, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Parcs Canada, Pêches et Océans Canada et Stratégies Saint-Laurent, 53 p., http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/portrait/Portrait_global_2014_300_FR.pdf.
14. **HUDON, CHRISTIANE, A. PATOINE ET A. ARMELLIN** (2003). *Water temperature variability in the St. Lawrence River near Montreal*, rapport présenté à la Commission mixte internationale dans le cadre de l'étude sur les niveaux d'eau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, 35 p.
15. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « 2018: l'année la plus froide du 21e siècle a tout de même été plus chaude que la normale du 20e siècle au Québec », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2018/bilan.htm (page consultée le 8 novembre 2019).
16. **COMITÉ DE CONCERTATION SUIVI DE L'ÉTAT DU SAINT-LAURENT** (2008). *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2008*, Plan Saint-Laurent, Environnement Canada, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Pêches et Océans Canada et Stratégies Saint-Laurent, ISBN 978-0-662-04763-6, 28 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/portrait/portrait_global_2008_f.pdf.
17. **WHITEHEAD, P.G., R.L. WILBY, R.W. BATTARBEE, M. KERNAN ET A.J. WADE** (2009a). « A review of the potential impacts of climate change on surface water quality », *Hydrological Sciences Journal*, vol. 54, nº 1, p. 101-123.
18. **DELPLA, I., A.-V. JUNG, E. BAURES, M. CLEMENT ET O. THOMAS** (2009). « Impacts of climate change on surface water in relation to drinking water production », *Environment International*, vol. 35, p. 1225-1233.
19. **PAINCHAUD, JEAN, ET SERGE VILLENEUVE** (2003). *Portrait global de l'état du Saint-Laurent*, Saint-Laurent Vision 2000, Sa majesté la Reine du Chef du Canada et Gouvernement du Québec, ISBN0-662-88345-4, Envirodoq: ENV/2003/007, 16 p.

RÉFÉRENCES (SUITE)

20. **HÉBERT, SERGE** (2016). *La qualité de l'eau du secteur fluvial: paramètres physico-chimiques et bactériologiques*, 4e édition, Québec, Sa majesté la Reine du Chef du Canada, représentée par la ministre de l'Environnement et Changement climatique Canada et Gouvernement du Québec, 4 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/fiches_indicateurs/Francais/Qualité_fleuve_4e_ed.pdf.
21. **GANGBAZO, GEORGES** (2000). « Relations empiriques entre les utilisations du territoire agricole et la qualité de l'eau des rivières », *Vecteur Environnement*, vol. 33, nº 2, p. 42-49.
22. **ANDERSON, CAROLINE, ET GILBERT CABANA** (2006). « Does $\delta^{15}N$ in river food webs reflect the intensity and origin of N loads from the watershed ? » *Science of the Total Environment*, vol. 367, p. 968-978.
23. **PATOINE, MICHEL, ET FRANÇOIS D'AUTEUIL-POTVIN** (2013). *Tendances de la qualité de l'eau de 1999 à 2008 dans dix bassins versants agricoles au Québec*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-68544-9 (PDF), 22 p. et 7 annexes.
24. **PATOINE, MICHEL** (2011). « Influence de la densité animale sur la concentration des coliformes fécaux dans les cours d'eau du Québec méridional, Canada », *Revue des sciences de l'eau*, vol. 24, nº 4, p. 421-435.
25. **HÉBERT, S., ET D. BLAIS** (2017). *Territoire et qualité de l'eau: développement de modèles prédictifs*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement et Direction de l'expertise en biodiversité, ISBN 978-2-550-77770-0, 30 p.
26. **RONDEAU, BERNARD, D. COSSA, P. GAGNON ET L. BILODEAU** (2000). « Budget and sources of suspended sediments transported in the St. Lawrence River, Canada », *Hydrological processes*, vol. 14, p. 21-36.
27. **ROY, LOUIS** (2002). « Les impacts environnementaux de l'agriculture sur le Saint-Laurent », *Le Naturaliste canadien*, vol. 126, nº 1, p. 67-77.
28. **HUDON, CHRISTIANE, PIERRE GAGNON, MYRIAM RONDEAU, SERGE HÉBERT, DENIS GILBERT, BRAD HILL, MICHEL PATOINE ET MICHEL STARR** (2017). « Hydrological and biological processes modulate carbon, nitrogen and phosphorus flux from the St. Lawrence River to its estuary (Québec, Canada) », *Biogeochemistry*, vol. 135, p. 251-276.
29. **CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT** (2009). *Stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents d'eaux usées municipales*, Whitehorse, Conseil des ministres du CCME, 17 p., [En ligne], https://www.ccme.ca/files/Resources/fr_water/fr_mwwe/cda_wide_strategy_mwwe_final_f.pdf.
30. **HÉBERT, S.** (2010). *Qualité bactériologique de sites potentiels de baignade, été 2009*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 8 p., [En ligne], http://environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/stlaurent/Plages2009.pdf.
31. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « Quelle est la situation et quelles sont les causes ? », dans le site du Rapport sur l'état de l'eau et des écosystèmes aquatiques au Québec, [En ligne], http://environnement.gouv.qc.ca/rapportsurleau/Etat-eau-ecosysteme-aquatique-qualite-eau-Quelle-situation_Rivieres-Fleuve.htm (page consultée le 2019-09-13).
32. **WALSH, CHRISTOPHER, ALLISON H. ROY, JACK W. FEMINELLA, PETER D. COTTINGHAM, PETER M. GROFFMAN ET RAYMOND P. MORGAN** (2005). « The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure », *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 24, nº 3, p. 706-723.
33. **MAYER, T., ET E. DELOS REYES** (1996). « Phosphorus and metal contaminant transport in two southern Ontario rivers: the Grand river and its tributary, the Nith river », *Water quality research journal of Canada*, vol. 31, nº 1, p. 119-152.
34. **EASTERLING, D.R., J.L. EVANS, P. YA GROISMAN, T.R. KARL, K.E. KUNKEL ET P. AMBENJE** (2000). « Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 81, p. 417-425.
35. **WESTRA, S., H.J. FOWLER, J.P. EVANS, L.V. ALEXANDER, P. BERG, F. JOHNSON, E.J. KENDON, G. LENDERINK ET N.M. ROBERTS** (2014). « Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall », *Review of Geophysics*, vol. 52, p. 522-555.
36. **MARSHALL, ERIC, ET TIMOTHY RANDHIR** (2008). « Effect of climate change on watershed system: a regional analysis », *Climatic Change*, vol. 89, p. 263-280.
37. **WHITEHEAD, A.J. WADE, ET D. BUTTERFIELD** (2009b). « Potential impacts of climate change on water quality and ecology in six UK rivers », *Hydrology Research*, vol. 40, nos 2-3, p. 113-122.
38. **DELPLA, IANIS, ET MANUEL J. RODRIGUEZ** (2014). « Effects of future climate and land use scenarios on riverine source water quality », *Science of the Total Environment*, vol. 493, p. 1014-1024.
39. **CURRIERO, FRANK C., JONATHAN A. PATZ, JOAN B. ROSE ET SUBHASH LELE** (2001). « The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994 », *American Journal of Public Health*, vol. 91, nº 8, p. 1194-1199.
40. **PATOINE, MICHEL, ET FRANÇOIS D'AUTEUIL-POTVIN** (2015). *Contamination bactériologique des petits cours d'eau en milieu agricole: état et tendances*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-72699-9, 39 p. et 8 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/Rapport_agricole.pdf.
41. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS** (MDDEP) (2012). *Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec 1999-2008*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-63649-6, 97 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/portrait/eaux-surface1999-2008/intro.pdf.
42. **GEORGAKAKOS, A., P. FLEMING, M. DETTINGER, C. PETERS-LIDARD, TERESE (T.C.) RICHMOND, K. RECKHOW, K. WHITE ET D. YATES** (2014). Water Resources, p. 69-112 (chapitre 3), dans J. M. Melillo, Terese (T.C.) Richmond et G. W. Yohe (ed.), *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*, U.S. Global Change Research Program, doi:10.7930/ J0G44N6T.
43. **GROFFMAN, P. M., P. KAREIVA, S. CARTER, N. B. GRIMM, J. LAWLER, M. MACK, V. MATZEK ET H. TALLIS** (2014). Ecosystems, Biodiversity, and Ecosystem Services, p. 195-219 (chapitre 8), dans J. M. Melillo, Terese (T.C.) Richmond et G. W. Yohe (ed.), *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*, U.S. Global Change Research Program, doi:10.7930/ J0G44N6T.
44. **GOMBAULT, C., C.A. MADRAMOOTOO, A.R. MICHAUD, I. BEAUDIN, M.F. SOTTILE, M. CHIKHAOUI ET F.F. NGWA** (2015). « Impacts of climate change on nutrient losses form the Pike River watershed of southern Québec », *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 95, p. 337-358.



Plantes aquatiques exotiques envahissantes

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

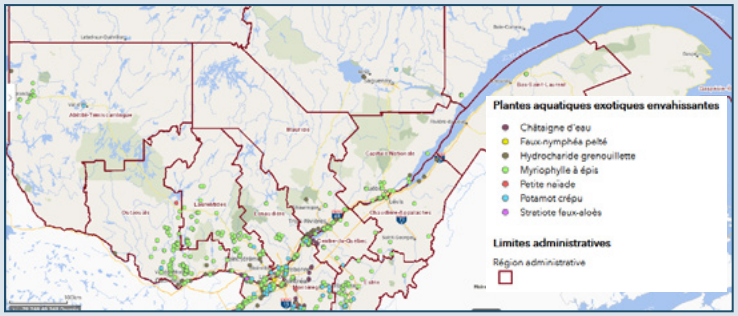
Selon les données disponibles à la Direction de la protection des espèces et des milieux naturels (DPEMN), sept PAEE sont maintenant présentes en milieu naturel au Québec: la châtaigne d'eau (*Trapa natans*), le faux-nymphéa pelté (*Nymphoides peltata*), l'hydrocharide grenouillette (*Hydrocharis morsus-ranae*), le myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*), la petite naïade (*Najas minor*), le potamot crépu (*Potamageton crispus*) et le stratiote faux-aloès (*Stratiotes aloides*). En raison de sa capacité à produire rapidement une énorme biomasse, ce qui intercepte la quasi-totalité du rayonnement solaire et consomme beaucoup d'oxygène lors de sa décomposition[9,11], la châtaigne d'eau est probablement la PAEE qui représente le plus grand risque pour la biodiversité et la santé des plans d'eau peu profonds du sud du Québec. Toutefois, c'est le myriophylle à épis qui est la PAEE ayant la plus vaste répartition au Québec: en 2020, sa présence est confirmée dans 161 lacs et 20 cours d'eau.

Découverte pour la première fois en 1998 dans la rivière du Sud (Henryville), la châtaigne d'eau fait l'objet, depuis 2001, d'un programme de lutte piloté par les autorités provinciales[11,18]. Introduite via le lac Champlain, elle a d'abord été confinée à la Montérégie (rivières du Sud, Richelieu, aux Brochets et baie Missisquoi), puis s'est installée ensuite en Outaouais (rivière des Outaouais et lac des Deux Montagnes). Un premier signalement a été fait dans la rivière Saint-François en 2015, et la présence de plusieurs petites colonies a été confirmée en 2019 entre Saint-Bonaventure et le lac Saint-Pierre. Dans la rivière Yamaska, un premier signalement a été fait en 2017, et la présence de plusieurs colonies,

DESCRIPTION

L'introduction et la propagation de plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) sont des enjeux de plus en plus préoccupants pour la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. En plus de représenter des nuisances écologiques, les PAEE peuvent interférer avec la pratique de la pêche récréative et d'activités nautiques, de même qu'affecter négativement la valeur des propriétés riveraines, comme le montre le cas du myriophylle à épis. Ainsi, le nombre de PAEE présentes au Québec et leur répartition actuelle connue ont été sélectionnés pour constituer des indicateurs de l'état des écosystèmes aquatiques. Un historique de l'introduction et de la propagation de chaque PAEE est présenté sommairement, de même que les plus récents résultats des activités de détection.

Figure 1 Répartition des plantes aquatiques exotiques envahissantes au Québec en 2020



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Carte des occurrences connues de PAEE au Québec. Les données proviennent de diverses sources, à la fois historiques et récentes (janvier 2020).

Rédigée par: **Direction de la protection des espèces et des milieux naturels**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

parfois grandes, a été confirmée en 2019 entre Saint-Damase et le lac Saint-Pierre. La plus récente observation a eu lieu à l'automne 2019, dans l'étang du Village (Sainte-Marcelline-de-Kildare), au sein du bassin versant de la rivière L'Assomption.

Le myriophylle à épis est présent dans la plupart des régions administratives du Québec, et il est bien installé dans de nombreux secteurs du Saint-Laurent, notamment ses lacs fluviaux[2,10,11]. D'ailleurs, la plus ancienne mention remonte à 1958 dans le lac Saint-Pierre et, jusqu'à la fin des années 1960, il était essentiellement confiné au fleuve. À partir des années 1970, le myriophylle à épis est observé dans quelques lacs de l'Outaouais, des Laurentides et de l'Estrie, régions où il demeure le plus abondant jusqu'à ce jour. La propagation s'est accélérée pendant la décennie 1990-2000. L'espèce est observée en Abitibi dès 2001, et au Bas-Saint-Laurent et en Côte-Nord depuis 2016. En 2017, une première compilation des plans d'eau touchés par le myriophylle à épis a été réalisée par le ministère. Elle dénombrait 110 plans d'eau affectés comparativement aux 181 recensés en janvier 2020. L'augmentation importante observée en seulement deux ans s'explique principalement par une vigilance citoyenne accrue (meilleure détection) et par l'intégration d'un plus grand nombre de jeux de données en 2020.

Le stratiote faux-aloès a été détecté au Québec pour la première fois en 2018 dans la baie de Carillon (lac des Deux Montagnes). En 2019, des travaux de détection ont confirmé la présence de quelques petites colonies dans un secteur de la baie. En Amérique du Nord, la seule autre occurrence en milieu naturel, qui est connue depuis 2008, se situe dans la voie navigable Trent-Severn en Ontario[20]. Bien que l'espèce soit très peu documentée en Amérique du Nord, la sévérité et la rapidité de l'envahissement observé en Ontario suggèrent que cette espèce représente une véritable menace à la biodiversité des plans d'eau du sud-ouest du Québec.

L'hydrocharide grenouillette fut introduite à Ottawa en 1932[4,11]. Elle s'est ensuite rapidement installée dans la rivière des Outaouais, atteignant Montréal au début des années 1950. De là, elle s'est propagée dans le fleuve Saint-Laurent: l'espèce est observée à Québec en 1974, à Saint-Roch-des-Aulnaies en 2001, puis à Cap-Tourmente en 2014. Dans la rivière Richelieu, une première observation a été faite en 1982, à Henryville, près de la frontière américaine. Au lac Saint-Jean, l'espèce a été détectée en 2019.

Le potamogeton crépu a d'abord été détecté dans la rivière Richelieu, en 1932[3]. Présent dans les Grands Lacs, il s'est installé dans le fleuve Saint-Laurent, du lac Ontario jusqu'au lac Saint-Pierre. On le trouve aussi dans la rivière des Outaouais, dans la rivière Saint-François,

Tableau 1 Année de la plus ancienne mention de naturalisation des plantes aquatiques exotiques envahissantes pour le Québec

Nom français	Nom latin	Année de la plus ancienne mention de naturalisation pour le Québec							
		Avant 1950	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Châtaigne d'eau	Trapa natans						1998		
Faux-nymphéa pelté	Nymphoides peltata		1950						
Hydrocharide grenouillette	Hydrocharis morsus-ranae		1952						
Myriophylle à épis	Myriophyllum spicatum		1958						
Petite naïade	Najas minor							2005	
Potamot crépu	Potamogeton crispus	1932							
Stratiote faux-aloès	Stratiotes aloides								2018
Nombre de plantes aquatiques exotiques envahissantes naturalisées		1	3	0	0	0	1	1	1

Historique des plus anciennes mentions de naturalisation de PAEE pour le Québec. Au cours des trois dernières décennies, une nouvelle PAEE par décennie s'est ajoutée[13,16].

de même que dans quelques lacs de l'Estrie, de l'Outaouais et des Laurentides. En 1992, le potamot crépu est observé à Val-d'Or, puis à Saint-David-de-Falardeau au Saguenay en 2018, ce qui constitue les mentions les plus nordiques de tout l'est de l'Amérique du Nord.

Au Québec, la présence des deux dernières PAEE, le faux-nymphéa pelté et la petite naïade, est très peu documentée. Leur arrivée semble plutôt récente, comme en témoigne le très petit nombre de signalements en milieu naturel qui a été fait pour chacune d'elles jusqu'à présent[5,14]. Bien qu'il existe des indices que ces deux espèces puissent être nuisibles à la biodiversité en Amérique du Nord, il n'est pas possible, sur la base des informations disponibles actuellement, de conclure une telle chose en contexte québécois. Cependant, en 2019, de grandes colonies de petite naïade ont été observées dans la portion méridionale du réservoir Baskatong (baie Philomène), au nord-ouest de Mont-Laurier.

PRESSIONS

Les vecteurs *d'introduction* des PAEE sont principalement d'origine anthropique. Ils concernent (1) le transfert d'embarcations contenant des propagules de PAEE d'un plan d'eau à un autre, (2) le relâchement en nature de plantes utilisées dans les aquariums et les jardins d'eau, et (3) les vidanges de ballast des navires commerciaux dans le Saint-Laurent. Toutefois, lorsqu'une PAEE est introduite dans un plan d'eau, des vecteurs naturels tels que le réseau hydrographique et la faune locale lui permettent souvent de se propager ailleurs dans le bassin versant. Les activités nautiques et la pêche récréative, lorsqu'elles favorisent le sectionnement des PAEE, sont aussi des vecteurs *de propagation* au sein d'un plan d'eau[15].

Le transfert d'embarcations contenant des propagules de PAEE d'un plan d'eau à un autre est un vecteur d'introduction très important, surtout pour les PAEE ayant la capacité de se reproduire par multiplication végétative, soit toutes les PAEE présentes au Québec, à l'exception de la châtaigne d'eau. Les tiges qui s'enroulent dans les hélices des moteurs à bateau, ou celles qui restent accrochées aux embarcations et à leur remorque, peuvent survivre aux transferts de plans d'eau. Et plus court est le temps de transfert, meilleur est le taux de survie. Au Québec, le myriophylle à épis est la PAEE qui a le plus bénéficié de ce vecteur d'introduction. Il profite ensuite du sectionnement des tiges causé par les hélices et les rames pour se propager (vecteur de propagation) plus rapidement au sein d'un plan d'eau. Rappelons cependant que le myriophylle à épis se fragmente aussi de façon naturelle à partir de la mi-juillet[1,19].

FORCES

- Pêche récréative ou de subsistance[11,15]
- Infrastructures de transport
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[11,15]
- Navigation commerciale sur le Saint-Laurent
- Autre (précisez): Jardins d'eau et aquariophilie[11,15]

IMPACTS

- Perte ou limitation d'activité commerciale de villégiature[7,17]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)[9,11,12]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[14]
- Autre (précisez):
- Modification de la biodiversité et du fonctionnement des écosystèmes[9,11,12]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- L'allongement de la saison de croissance augmente le risque d'invasion par des espèces végétales exotiques envahissantes en général[6].

Le relâchement en nature de plantes utilisées dans les aquariums et les jardins d'eau est un autre vecteur d'introduction important. Plusieurs des PAEE présentes au Québec sont vendues dans des jardineries et des boutiques d'aquariophilie, et leur disponibilité est sans doute plus grande encore en ligne. L'hydrocharide grenouillette et le faux-nymphéa pelté, qui sont des plantes aquatiques *flottantes*, ont été introduits comme plantes ornementales de jardins d'eau. Par ailleurs, il est probable que certaines des populations de châtaigne d'eau à l'extérieur de la Montérégie, ainsi que la population de stratiote faux-aloès de la baie de Carillon, soient également issues du relâchement de plantes utilisées dans des jardins d'eau. Enfin, il est possible que l'introduction, en Amérique du Nord, des plantes aquatiques *submergées* que sont le myriophylle à épis, le potamot crépu et la petite naïade soit reliée à leur utilisation comme plantes d'aquarium, même si aucune preuve formelle n'existe à cet effet. L'espèce la plus à risque de s'ajouter à cette liste, le cabomba de Caroline (*Cabomba caroliniana*), est utilisée en aquariophilie[21].

Le dernier des vecteurs d'introduction de PAEE, la vidange des eaux de lest de navires, est probablement le moins important des trois. Tout d'abord, parce que ce vecteur est moins favorable pour les plantes que pour les animaux. Ensuite, parce que cela ne concerne que les voies navigables. Toutefois, il n'est pas exclu que ce vecteur soit à l'origine de l'introduction en Amérique du Nord des trois PAEE submergées identifiées plus haut. Heureusement, la réglementation en vigueur concernant les eaux de ballast diminue sensiblement le risque de nouvelles introductions.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Le risque d'invasion par des espèces végétales exotiques envahissantes en général, et par des PAEE en particulier, augmentera au Québec avec les changements climatiques, car l'allongement de la saison de croissance rend disponibles de nouveaux territoires, en plus de favoriser la production de propagules[6,8]. Par ailleurs, des espèces naturalisées, mais non envahissantes, pourraient devenir envahissantes à la faveur du réchauffement du climat.

Plusieurs PAEE actuellement présentes dans les Grands Lacs, ou présentes dans des plans d'eau des provinces et des États voisins, sont susceptibles d'atteindre le Québec au cours du xix^{e} siècle : le cabomba de Caroline, l'élodée dense (*Egeria densa*), l'hydrille verticillé (*Hydrilla verticillata*) et le myriophylle aquatique (*Myriophyllum aquaticum*). La progression vers le nord de ces espèces est limitée par le climat froid, mais, selon l'ampleur du réchauffement en cours, le sud du Québec pourrait éventuellement devenir propice à leur établissement.

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Entente sur les ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

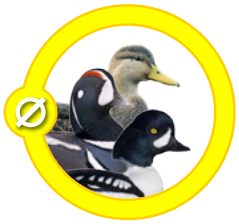
- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)
- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
- Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

AUTRES

- Accompagnement des MRC et municipalités
- Campagnes d'éradication d'espèces exotiques envahissantes
- Développement et mise à jour de la cartographie
- Rapports et publications de sensibilisation

RÉFÉRENCES

1. **AIKEN, S.G., P.R. NEWROTH ET I. WILE** (1979). « Biology of Canadian weeds. 34. *Myriophyllum spicatum* L. », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 59, p. 201-215
2. **AUGER, ISABELLE** (2006). *Évaluation du risque de l'introduction du myriophylle à épis sur l'offre de pêche et la biodiversité des eaux à touladi. Revue de la littérature.* Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la Faune, Québec, 88 p.
3. **CATLING, P.M., ET I. DOBSON** (1985). « Biology of Canadian weeds. 69. *Potamogeton crispus* L. », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 659, p. 655-668.
4. **CATLING, P.M., G. MITROW, E. HABER, U. POSLUSZNY ET W.A. CHARLTON** (2003). « The biology of Canadian weeds. 124. *Hydrocharis morsus-ranae* L. », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 83, p. 1001-1016.
5. **DARBYSHIRE, STEPHEN J., ET ARDATH FRANCIS** (2008). « Biology of invasive alien plants in Canada. 10. *Nymphoides peltata* (S. G. Gmel.) Kuntze », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 88, p. 811-829.
6. **DE BLOIS, SYLVIE, LAURA BOISVERT-MARSH, RETO SCHMUCKI, CHRISTINE-ANNA LOVAT, CHAEHO BYUN, PAOLA GOMEZ-GARCIA, RAFAEL OTFINOWSKI, ÉLISABETH GROENEVELD ET CLAUDE LAVOIE** (2013). *Outils pour évaluer les risques d'invasion biologique dans un contexte de changements climatiques.* Université McGill. Montréal (Québec), 80 p. et 6 annexes.
7. **GOODENBERGER, JAMES S., ET H. ALLEN KLAIBER** (2016). « Evading invasives: how Eurasian watermilfoil affects the development of lake properties », *Ecological Economics*, vol. 127, p. 173-184.
8. **HATTON, E.C., J.D. BUCKLEY, S.A. FERA, S. HENRY, L.M. HUNT, D.A.R. DRAKE & T.B. JOHNSON** (2019). « Current and potential aquatic invasive species in Ontario and the Great Lakes region: A compilation of ecological information », Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry, Science and Research Branch, Peterborough, ON. Science and Research Information Report IR-16, 23 p. + annexes.
9. **HUMMEL, MEREDITH, ET ERIK KIVIAT** (2004). « Review of world literature on water chestnut with implications for management in North America », *Journal of Aquatic Plant Management*, vol. 42, p. 17-28.
10. **JACOB-RACINE, ROMY, ET CLAUDE LAVOIE** (2018). « Reconstitution historique de l'invasion du Québec par le myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*) », *Le Naturaliste canadien*, vol. 142, nº 3, p. 40-46.
11. **LAVOIE, CLAUDE** (2019). *50 plantes envahissantes: protéger la nature et l'agriculture.* Les Publications du Québec, 415 p.
12. **LAVOIE, CLAUDE, GENEVIÈVE GUAY ET FLORENT JOERIN** (2014). « Une liste des plantes vasculaires exotiques nuisibles du Québec: nouvelle approche pour la sélection des espèces et l'aide à la décision », *Écoscience*, vol. 21, nº 2, p. 1-24.
13. **LAVOIE, CLAUDE, ANNIE SAINT-LOUIS, GENEVIÈVE GUAY ET ÉLISABETH GROENEVELD** (2012). « Les plantes vasculaires exotiques naturalisées: une nouvelle liste pour le Québec », *Le Naturaliste canadien*, vol. 136, nº 3, p. 6-32.
14. **LÉVEILLÉ-BOURRET, ÉTIENNE, MARIE-ÈVE GARON-LABRECQUE ET ELEANOR R. THOMPSON** (2017). « Le statut de la naïade grêle (*Najas gracillima*, Najadaceae) au Québec », *Le Naturaliste canadien*, vol. 141, nº 1, p. 6-14.
15. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2017). *De bons conseils pour éviter d'introduire et de propager des espèces exotiques envahissantes*, Québec, 10 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/eviter-propagation-eee.pdf.
16. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019) « Sentinelle. Outil de détection des espèces exotiques envahissantes », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Québec, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/sentinelle.htm (page consultée le 9 décembre 2019).
17. **OLDEN, JULIAN D., ET MARIANA TAMAYO** (2014). « Incentivizing the public to support invasive species management: Eurasian milfoil reduces lakefront property values », *PloS One*, vol. 9, nº 10, e110458.
18. **SIMARD, ANNIE, BERTRAND DUMAS ET PIERRE BILODEAU** (2009). « Avancement du programme d'éradication de la châtaigne d'eau (*Trapa natans* L.) au Québec », *Le Naturaliste canadien*, vol. 133, nº 2, p. 8-14.
19. **SMITH, CRAIG S., ET J.W. BARKO** (1990). « Ecology of Eurasian watermilfoil », *Journal of Aquatic Plant Management*, vol. 28, p. 55-64.
20. **SNYDER, ERIC, ARDATH FRANCIS ET STEPHEN J. DARBYSHIRE** (2016). « Biology of invasive alien plants in Canada. 13. *Stratiotes aloides* L. », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 96, p. 225-242.
21. **WILSON, CLAIRE E., STEPHEN J. DARBYSHIRE ET ROSITA JONES** (2007). « Biology of invasive alien plants in Canada. 7. *Cabomba caroliniana* A. Gray », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 87, p. 615-638.



Population de sauvagine

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Ne s'applique pas; données historiques insuffisantes.

Les données historiques et actuelles sont insuffisantes et trop incertaines pour définir des tendances temporelles exactes pour deux des trois espèces abordées dans cette fiche.

CANARD NOIR

(INTERMÉDIAIRE-BON, TENDANCE À LA BAISSE)

Le canard noir est considéré comme abondant au Québec (figure 1). Cette espèce se retrouve dans tout le Québec, bien que l'on trouve plus de la moitié des effectifs dans les forêts boréales mixtes et coniférienne[1].

Au Québec, les récents inventaires héliportés (figure 2) indiquent que la tendance des effectifs est en baisse depuis l'an 2000[9], tout comme ailleurs dans le nord-est du continent. En effet, les effectifs de 2019 [729 000 individus] sont en baisse de 16 % par rapport à la moyenne 1998-2018[6]. L'estimation des effectifs globaux de 2019 serait au-dessus de l'objectif du plan nord-américain de gestion de la sauvagine établi à 628 000 individus[8], mais cet objectif ne comprend pas l'ensemble des données d'inventaire et sera révisé sous peu. Enfin, une tendance (1970-2003) à la baisse pour les effectifs de canards noirs a été observée en hiver[1].

GARROT D'ISLANDE

(POPULATION DE L'EST) (INTERMÉDIAIRE-MAUVAIS)

La population de l'Est de garrot d'Islande compte environ 8 200 individus, qui se concentrent principalement sur le territoire québécois en période de nidification et d'hivernage (figure 3)[7].

DESCRIPTION

La sauvagine représente l'ensemble des oiseaux sauvages des zones aquatiques. Cette fiche fait état des populations de trois espèces de sauvagine présentes au Québec : le canard noir, le garrot d'Islande et l'arlequin plongeur. L'état de ces populations est tiré principalement du document *État des populations de sauvagine du Québec, 2009*[1] (préparé par le Service canadien de la faune) et de l'*Atlas des oiseaux nicheurs*[9] (préparé par le regroupement QuébecOiseaux, le Service canadien de la faune et Études d'oiseaux Canada).

Ces trois espèces ont été sélectionnées en raison de la grande proportion d'individus nicheurs ou migrateurs présents au Québec par rapport au reste de l'Amérique du Nord[1] et parce qu'elles ont été toutes identifiées dans le cadre du « Plan de conservation de la sauvagine du Québec, 2011[2] » comme des espèces à priorité de conservation élevée ou moyenne dans plusieurs régions du Québec.

Rédigée par: **Direction de la gestion intégrée de l'eau**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Révisée par: **Service canadien de la faune**
Environnement et Changements climatiques Canada

En nidification, on trouve l'espèce principalement dans les hauteurs de la Côte-Nord, du Saguenay et de Charlevoix[10]. Pendant la période d'hivernage, les individus s'alimentent au-dessus des larges estrans de la rive nord du Saint-Laurent ainsi qu'à quelques endroits dans le golfe. La population de l'Est, qui a connu un déclin au cours du XIXe siècle, semble mieux se porter selon les plus récents inventaires des aires d'hivernage, lesquels indiquent une hausse d'effectifs de 30 % entre 2014 et 2017[7].

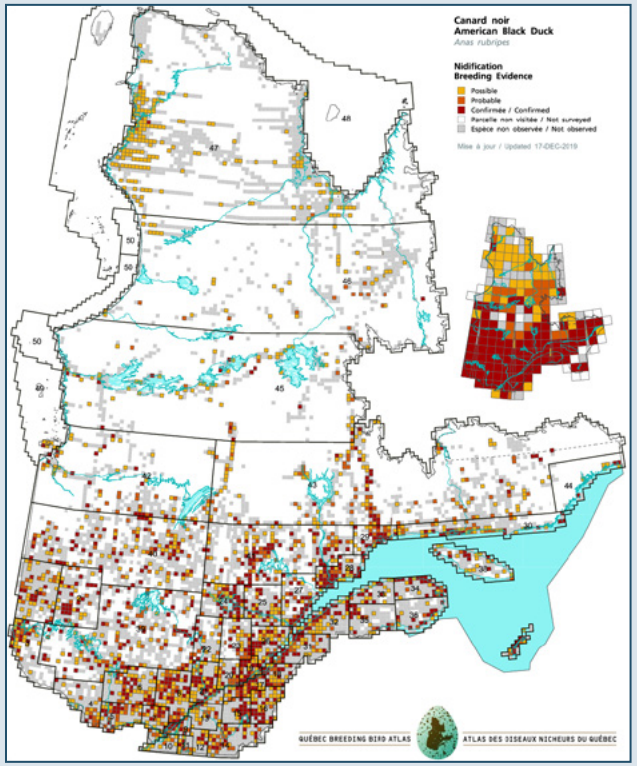
La population est considérée comme vulnérable au Québec selon NatureServe[3] et préoccupante sur l'ensemble de son aire de répartition selon le COSEPAC[4].

ARLEQUIN PLONGEUR

(POPULATION DE L'EST) (INTERMÉDIAIRE)

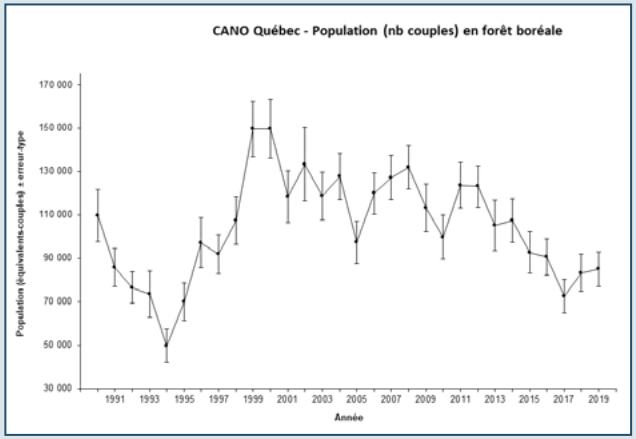
La population de l'Est de l'arlequin plongeur est estimée à 8 500-8 700 individus[5]. Une grande part de ces oiseaux seraient présents sur le territoire québécois lors de la période de reproduction (figure 4). Il est difficile d'établir une tendance pour l'espèce au Québec, mais l'augmentation observée d'individus hivernant sur la côte Est pourrait indiquer une hausse des effectifs au Québec[1,5].

Figure 1 Carte de répartition du canard noir au Québec



Répartition du canard noir par parcelles de 10 × 10 km au Québec selon le deuxième *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec* (2019)[9].

Figure 2 Populations de canard noir au Québec en forêt boréale selon des données d'hélicoptère



Graphique des données d'hélicoptère pour le canard noir au Québec en forêt boréale (1990-2019) (Atlas des oiseaux nicheurs, 2019)[9].

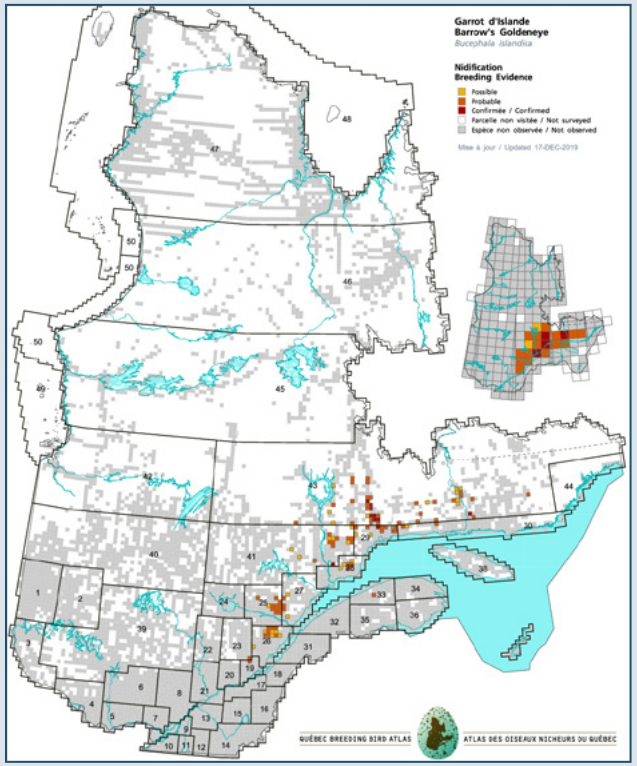
On le trouve, durant la période de reproduction, en bordure de rivières en Gaspésie, sur la Côte-Nord et dans les bassins versants de la baie d'Hudson et de la baie d'Ungava. En Gaspésie, on estime qu'il y a une dizaine de couples nicheurs, tout comme le long des rivières de la Côte-Nord. Trop peu d'inventaires ont été effectués dans les bassins versants de la baie d'Hudson et de la baie d'Ungava pour estimer le nombre de couples nicheurs[1].

PRESSIONS

CANARD NOIR

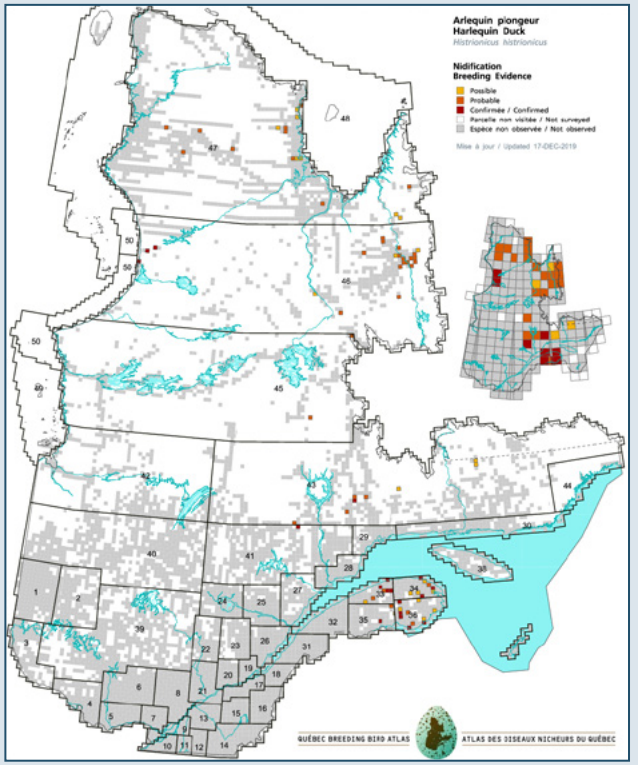
Dans les basses-terres du Saint-Laurent, le changement de paysage vers des cultures agricoles plus intensives, comme les céréales, le soya ou le maïs, semble ne plus convenir à l'élevage des canetons, faute de milieux humides, et semble de plus favoriser une espèce compétitrice au canard noir, soit le canard colvert[9]. On peut également citer l'exploitation des tourbières, l'endiguement, le drainage des terres, la coupe des haies brise-vent et la réduction des boisés qui limitent la reproduction du canard noir dans la vallée du Saint-Laurent[1]. La dégradation et la perte incessante de petits milieux humides demeurent un problème de taille dans les régions à forte densité humaine[9]. Il est possible que la chasse sportive représente toujours une menace à la population de canards noirs de la vallée du Saint-Laurent, alors que cela ne semble pas être le cas en territoire plus forestier[1].

Figure 3 Carte de répartition du garrot d'Islande au Québec



Répartition du garrot d'Islande par parcelles de 10 × 10 km au Québec selon le deuxième *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec* (2019)[10].

Figure 4 Carte de répartition de l'arlequin plongeur au Québec



Répartition de l'arlequin plongeur par parcelles de 10 × 10 km au Québec selon le deuxième *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec* (2019)[11].

Dans le Bas-Saint-Laurent, l'exploitation des tourbières est également considérée comme une menace aux espaces de nidification de l'espèce. Les modifications de l'habitat engendrées par les coupes forestières, les aménagements hydroélectriques et l'exploitation minière sont quant à elles les principales menaces pour les populations plus au nord[1].

GARROT D'ISLANDE

Les garrots d'Islande sont particulièrement vulnérables à de possibles déversements d'hydrocarbures sur leurs sites d'hivernage dans l'estuaire du Saint-Laurent étant donné qu'ils se concentrent à quelques sites seulement. Un tel évènement pourrait entraîner la mort d'une bonne part des garrots d'Islande de l'est de l'Amérique du Nord[4].

Les activités forestières représentent quant à elles la principale menace aux sites de nidification de l'espèce, les garrots d'Islande étant dépendants de cavités naturelles dans de très gros arbres vivants ou morts pour y pondre ses œufs. La réduction de la disponibilité de ces arbres et de ces chicots est la principale conséquence de la récolte forestière sur l'espèce. Effectivement, les pratiques forestières entraînent une réduction du nombre de gros arbres à grosses cavités[4]. Notons également l'accès aux lacs pour les pêcheurs et les chasseurs qui serait accentué par les activités de récolte du bois, ce qui augmenterait le dérangement du garrot d'Islande durant sa période de nidification dans certains secteurs auparavant inaccessibles par voie terrestre[4,10].

FORCES

- Chasse[1]
- Pêche récréative ou de subsistance[1]
- Activités industrielles[1]
- Activités forestières[1]
- Activités agricoles[1]
- Gestion des barrages[1]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[1]

IMPACTS

- Perte ou limitation d'activités commerciales de villégiature
- Problèmes d'exploitation des barrages
- Perturbation des activités forestières[1]
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (QUÉBEC)

- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur les activités de chasse* (RLRQ, c. C-61.1, r. 1)
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)
  - *Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (REFMVH) (RLRQ, c. E-12.01, r. 2)

LOIS ET RÈGLEMENTS (CANADA)

- *Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs* (L.C. 1994, ch. 22)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (QUÉBEC)

- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces

SOUTIEN FINANCIER (QUÉBEC)

- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert
- Programme de restauration et de création de milieux humides et hydriques (PRCMHH)

ARLEQUIN PLONGEUR

Historiquement, la chasse a été une pression pour l'espèce dans l'est du continent nord-américain. Une fois la chasse de cette espèce interdite sur ce territoire, les principales pressions sont maintenant le développement hydroélectrique (par le changement du régime hydrique), le braconnage, l'aquaculture, les pêcheries et les activités récréatives en zone côtière ainsi que près des rivières où niche l'espèce[5]. Toutes ces activités contribuent au dérangement de l'espèce et à la perte de son habitat.

RÉFÉRENCES

1. **LEPAGE, C., ET D. BORDAGE (SOUS LA DIRECTION DE)** (2013). État des populations de sauvagine du Québec, 2009. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, Série de rapports techniques no 525, 250 p.
2. **LEPAGE, C., D. BORDAGE, D. DAUPHIN, F. BOLDUC ET B. AUDET** (2015). *Plan de conservation de la sauvagine du Québec, 2011.* Série de rapports techniques no 532, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Québec, 248 p.
3. **NATURE SERVE.**
4. **ENVIRONNEMENT CANADA** (2013). *Plan de gestion du Garrot d'Islande (Bucephala islandica), population de l'Est, au Canada.* Série de Plans de gestion de la *Loi sur les espèces en péril*, Environnement Canada, Ottawa, 22 p.
5. **COSEPAC** (2013). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur l'Arlequin plongeur (Histrionicus histrionicus) population de l'Est au Canada.* Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, 53 p.
6. **U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE** (2019). Waterfowl population status, 2019. U.S. Department of the Interior, Washington, D.C., É-U.
7. **COMITÉ SUR LA SAUVAGINE DU SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE** (2019). *Situation des populations d'oiseaux migrateurs considérés comme gibier au Canada: novembre 2019.* Rapport du Service canadien de la faune sur la réglementation concernant les oiseaux migrateurs no 50.
8. **NAWMP** (2018). North American Waterfowl Management Plan (NAWMP) Update: connecting people, waterfowl, and wetlands, 46 p.
9. **LEPAGE, C.** (2019). Canard noir, p. 112-113, dans *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional* (M. Robert, M.-H. Hachey, D. Lepage et A.R. Couturier, dir.). Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'oiseaux Canada, Montréal, xxv + 694 p.
10. **ROBERT, M.** (2019). Garrot d'Islande, p. 136-137, dans *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional* (M. Robert, M.-H. Hachey, D. Lepage et A.R. Couturier, dir.). Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'oiseaux Canada, Montréal, xxv + 694 p.
11. **ROBERT, M.** (2019). Arlequin plongeur, p. 128-129, dans *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional* (M. Robert, M.-H. Hachey, D. Lepage et A.R. Couturier, dir.). Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'oiseaux Canada, Montréal, xxv + 694 p.

Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent

ÉTAT

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien

Sur la base des informations disponibles, l'état de l'indicateur sur la population de bar rayé du fleuve Saint-Laurent s'est maintenu par rapport à la dernière évaluation faite en 2014, c'est-à-dire qu'il est considéré comme intermédiaire-bon. Les données au sujet de la croissance et de la répartition des individus sont considérées comme étant bonnes, alors que celles touchant à la reproduction et à l'abondance sont considérées comme intermédiaires, d'où un état intermédiaire-bon. La poursuite du suivi du rétablissement et des travaux d'acquisition de connaissances permettra d'être mieux renseigné sur la reproduction et l'abondance de la population.

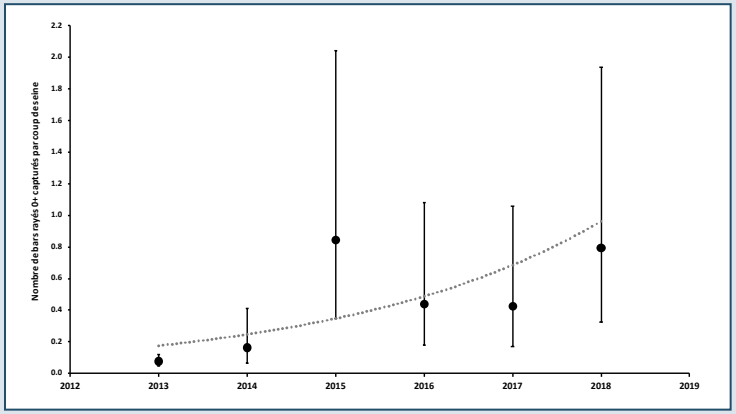
Le **suivi de l'abondance des jeunes de l'année:** les stations d'échantillonnage sont réparties le long des berges du fleuve et de plusieurs îles dans une aire s'étendant de Trois-Rivières à La Malbaie, sur la rive nord, et de Bécancour à L'Isle-Verte, sur la rive sud. Bien qu'il soit récent, ce suivi a permis de déceler une variabilité interannuelle (figure 1), déjà observée chez d'autres populations de bar rayé, avec cet indicateur biodémographique. De 2013 à 2018, une tendance à la hausse significative a été observée. Comme chez les autres populations de la côte Est américaine, les jeunes de l'année sont capturés principalement dans la zone de turbidité maximale, secteur crucial pour leur survie et leur croissance.

Le **suivi de l'abondance des reproducteurs** permet de produire un indice standardisé des captures par unité d'effort de reproducteurs durant la période de reproduction dans deux frayères connues dans le fleuve Saint-Laurent: la baie de Beauport à Québec (suivi commencé en 2015) et le bassin de la rivière du Sud à Montmagny (suivi depuis 2017). Une utilisation annuelle récurrente de ces frayères par les

DESCRIPTION

Espèce patrimoniale mythique au Québec, le bar rayé du fleuve Saint-Laurent était jadis prisé des pêcheurs sportifs. L'espèce est cependant disparue des eaux du fleuve Saint-Laurent à la fin des années 1960. C'est en 2002 que les premiers ensemencements ont eu lieu à la hauteur de Saint-Vallier par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) et ses partenaires, dans le but de reconstituer une population autosuffisante. Afin de caractériser le rétablissement de la population de bars rayés du fleuve Saint-Laurent, le MFFP s'est doté d'un programme de suivi du recrutement des jeunes de l'année en 2013, d'un programme de suivi des reproducteurs en 2015 et d'un programme de suivi télémétrique visant à documenter l'utilisation spatiotemporelle du fleuve Saint-Laurent (débuté en 2010).

Figure 1 Variations annuelles de l'abondance des jeunes de l'année chez le bar rayé de la population du fleuve Saint-Laurent



Nombre prédit (± erreur-type) de bars rayés 0+ capturés par coup de seine dans le réseau de suivi de l'abondance des jeunes bars rayés de l'année pour 2013 à 2018. La courbe de régression (trait pointillé gris) indique l'augmentation prédite lorsque la variable « année » est considérée comme étant continue selon un modèle généralisé à effets mixtes.

Rédigée par : **Direction de l'expertise sur la faune aquatique**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

reproducteurs a pu être documentée, menant à un recrutement effectif. La présence de deux frayères effectives annuellement est un élément positif du rétablissement car elles assurent une plus grande résilience de l'espèce.

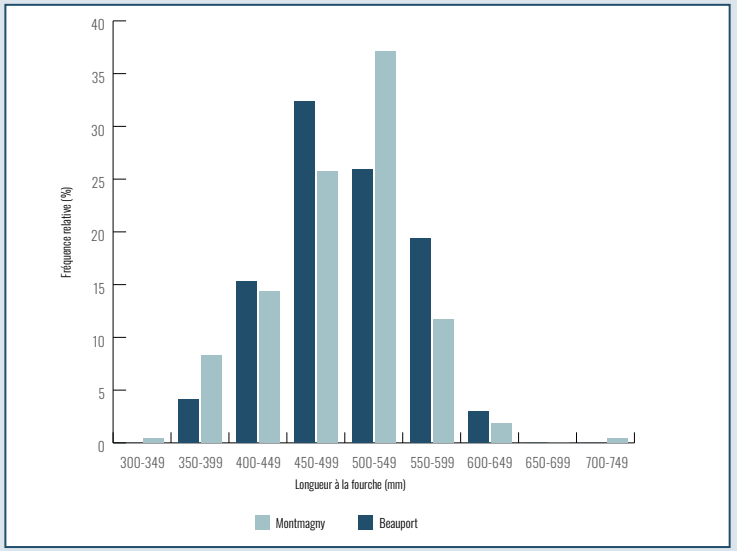
INVENTAIRE DES SITES DE FRAIE POTENTIELS

Cet inventaire permet d'étudier les secteurs de reproduction potentiels en se basant sur les mentions du public et des utilisateurs du territoire. Plusieurs sites ont été étudiés depuis 2011. En 2016, l'utilisation de filets à zooplancton a permis d'échantillonner des œufs et des larves de bars rayés en aval de la baie de Beauport, confirmant ainsi qu'il s'agissait d'un site de reproduction. En 2014, des larves avaient également été échantillonnées plus en aval, dans les deux chenaux de part et d'autre de l'île d'Orléans. L'identification de l'espèce a été officialisée dans tous les cas par l'utilisation d'outils moléculaires dans un laboratoire spécialisé en génétique des poissons. Depuis 2018, des inventaires sont faits dans le tronçon fluvial (amont de Trois-Rivières) pour évaluer si le bar rayé s'y reproduit. L'utilisation de nouvelles frayères effectives par le bar rayé assurerait une plus grande résilience de l'espèce.

ÉTUDE DE L'UTILISATION SPATIOTEMPORELLE DU FLEUVE SAINT-LAURENT

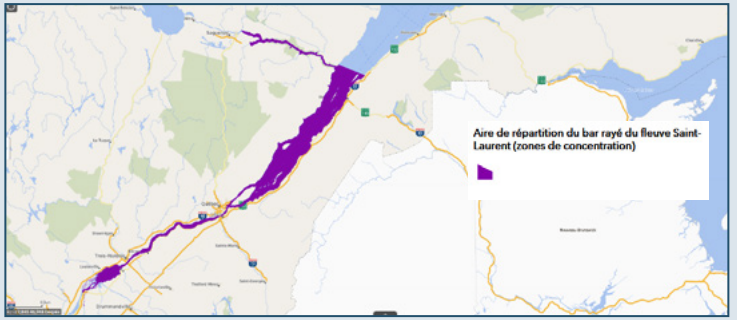
Ce programme de suivi par télémétrie commencé en 2010 a permis d'acquérir un nombre appréciable de nouvelles connaissances au sujet des déplacements des individus adultes en fonction de la période de l'année. Depuis le début de ce suivi, plus de 400 bars rayés ont été munis d'un émetteur acoustique et sont suivis à l'aide d'environ 150 récepteurs télémétriques déployés annuellement et disposés stratégiquement dans le fleuve Saint-Laurent. Les données obtenues ont permis de déterminer que l'aire de répartition actuelle est plus vaste que l'aire historique connue (figure 3). Les données recueillies ont également permis de démontrer que les bars rayés du fleuve Saint-Laurent sont capables de franchir plus de 40 km en une seule journée, indiquant qu'ils peuvent couvrir, souvent en grands groupes, des distances appréciables en peu de temps. À terme, les données d'occurrences récoltées grâce aux récepteurs télémétriques permettraient de réaliser des analyses de survie, un autre indicateur utile au suivi de la dynamique de population.

Figure 2 Distribution de fréquence de longueur à la fourche (mm) chez les bars rayés sur les sites de fraie en 2017



Distribution de fréquence de longueur à la fourche (mm) chez les bars rayés capturés dans la baie de Beauport (barres foncées) et le bassin de la rivière du Sud à Montmagny (barres pâles) durant la période de fraie au printemps 2017.

Figure 3 Aire de répartition du bar rayé du fleuve Saint-Laurent (zones de concentration)



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Aire de répartition actuelle de la population de bar rayé du fleuve Saint-Laurent déterminée à partir du suivi télémétrique et du suivi des captures accidentelles. L'aire de répartition actuelle représentée est celle d'où la majorité des observations ont été rapportées, bien que d'autres occurrences aient été recensées en amont jusque dans la région de Montréal et en aval jusque dans le golfe du Saint-Laurent.

Les efforts soutenus pour réintroduire le bar rayé dans le fleuve Saint-Laurent ont porté leurs fruits. Cependant, il n'est pas encore possible d'affirmer que la population s'est entièrement rétablie, malgré les signes encourageants qui ont été observés au cours des dernières années. La prudence exige de s'assurer que la population se maintient en dépit de la variabilité environnementale à laquelle elle doit faire face. Un programme de suivi annuel d'indicateurs biodémographiques est donc l'outil de conservation et de gestion le plus utile pour maximiser ses chances de connaître un rétablissement complet. Lorsque le bar rayé du Saint-Laurent aura pleinement réintégré son écosystème, qu'il aura le potentiel pour soutenir une exploitation et que son statut légal le permettra, il sera alors possible de pêcher de nouveau cette espèce reconnue pour sa combativité légendaire.

PRESSIONS

La surcharge de nutriments de même que les pratiques agricoles sous-optimales peuvent favoriser l'érosion et l'écoulement des sédiments, des nutriments et des pesticides vers les cours d'eau. Bien que le bar rayé affectionne l'embouchure de certains cours d'eau avec une forte emprise agricole, le risque encouru par l'espèce est jugé faible en ce qui concerne la charge en nutriments et en sédiments. Des inquiétudes ont toutefois été soulevées en ce qui concerne les pesticides. Alors que le niveau de risque est inconnu, il suscite tout de même une certaine préoccupation puisque le bar rayé est un prédateur de niveau trophique élevé vulnérable aux contaminants accumulés dans les sédiments et dans la chaîne alimentaire.

La pêche commerciale et sportive peut avoir un effet sur la résilience des populations en réduisant les stocks. Cependant, la gestion durable des pêches permet de moduler les quotas et les prises quotidiennes afin de maintenir la disponibilité des stocks. Cette pression est donc contrôlée et contrôlable, mais pourrait affecter la pérennité du bar rayé du fleuve Saint-Laurent[1,2].

Le braconnage a nécessairement un impact sur la résilience des populations de bar rayé. Parce qu'elle est une espèce vulnérable à la pêche (capture facile et comportement grégaire), tout en étant actuellement interdite de pêche, les cas de braconnage sont relativement nombreux et pourraient nuire à sa résilience[1].

FORCES

- Eaux usées (municipales, résidentielles)[1]
- Pêche commerciale[1,2]
- Pêche récréative ou de subsistance[1,2]
- Infrastructures de transport[1,2,7]
- Activités industrielles[1,2,7]
- Activités agricoles[1]
- Navigation commerciale sur le Saint-Laurent[1,2]
- Autre (précisez): braconnage[1]

IMPACTS

- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)
- Perte ou limitation de la pêche commerciale[1]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)
- Diminution de la couverture de glace (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)

Le développement d'infrastructure et les activités industrielles qui ont cours à proximité ou dans des habitats critiques du bar rayé (ex.: frayère, zone d'alevinage) peuvent nuire à la pérennité de l'espèce s'ils affectent négativement les habitats et les liens connectifs ou encore s'ils affectent directement le recrutement[1,7]. Le batillage peut avoir des conséquences sur la résilience des herbiers aquatiques. Ces habitats pourraient être utilisés par le bar rayé pour la croissance et l'alimentation[1]. De plus, le transport maritime est reconnu pour déranger les poissons, notamment du point de vue sonore[4].

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

L'effet des changements climatiques sur le bar rayé est peu étudié actuellement. Cette espèce estuarienne a un cycle vital complexe et elle est reconnue pour sa plasticité. Cela lui confère indéniablement un avantage face aux modifications appréhendées. Il est à prévoir que l'aire de répartition de l'espèce, de même que son utilisation de l'habitat évoluent en fonction des changements climatiques.

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les espèces en péril du Canada* (LEP) (L.C. 2002, ch. 29)[11]
- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)
  - *Règlement sur les autorisations relatives à la protection du poisson et de son habitat* (DORS/2019-286)
  - *Règlement de pêche du Québec* (DORS/90-214)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)[10]
- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces[1]

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

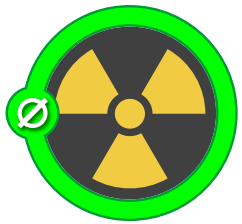
- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)[5,6]

AUTRES

- Imposition de mesures d'exploitation restrictives et de quotas[1]
- Rapports et publications de sensibilisation[8,9]
- Recherche gouvernementale[1,8,9]
- Réintroduction d'espèces[1]
- Réseaux de suivi[1]

RÉFÉRENCES

1. **PÊCHES ET OCÉANS CANADA** (2019). *Programme de rétablissement et plan d'action du bar rayé (Morone saxatilis), population du fleuve Saint-Laurent, au Canada* [version proposée]. Série de programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*. Pêches et Océans Canada, Ottawa, v + 62 p.
2. **COSEPAC** (2012). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le bar rayé (Morone saxatilis) au Canada*. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, xx + 86 p., [En ligne], https://wildlife-species.canada.ca/species-risk-registry/virtual_sara/files/cosewic/sr_bar_raye_striped_bass_1213a_f.pdf.
3. **VANALDERWEIRELDT, L.** (2019). *Le retour du bar rayé dans l'estuaire du Saint-Laurent: écologie des jeunes stades de vie et caractérisation des habitats essentiels*. Thèse de doctorat, Université du Québec à Chicoutimi, 169 p.
4. **WEILGART, L.** (2018). *The impact of ocean noise pollution on fish and invertebrates*. Report for OceanCare, Switzerland, 34 p.
5. **MORISETTE, O., F. LECOMTE, G. VERREAULT, M. LEGAULT ET P. SIROIS** (2016). Fully Equipped to Succeed: Migratory Contingents Seen as an Intrinsic Potential for Striped Bass to Exploit a Heterogeneous Environment Early in Life. *Estuaries and Coasts*, 39: 571-582.
6. **PELLETIER, A.-M., G. BOURGET, M. LEGAULT ET G. VERREAULT** (2011). Réintroduction du bar rayé (Morone saxatilis) dans le fleuve Saint-Laurent: bilan du rétablissement de l'espèce. *Nat. Can.* 135: 79-85.
7. **ROBITAILLE, J.A., Y. VIGNEAULT, G. SHOONER, C. POMERLEAU ET Y. MAILHOT** (1988). *Modifications physiques de l'habitat du poisson dans le Saint-Laurent de 1945 à 1984 et effets sur les pêches commerciales. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et* aquatiques 1608: 45 p.
8. **VALIQUETTE, É., V. HARVEY ET A.-M. PELLETIER** (2017). *Mise à jour des connaissances sur l'identification, la description et l'utilisation spatio-temporelle des habitats du bar rayé (Morone saxatilis) de la population du fleuve Saint-Laurent*, Québec. Secrétariat canadien de consultation scientifique du ministère des Pêches et Océans. Document de recherche 2017/005, ix + 55 p.
9. **VALIQUETTE, É., M. LEGAULT, J. MAINGUY, V. BUJOLD ET A.-M. PELLETIER** (2018). *Répartition du bar rayé au Québec – mise à jour des connaissances*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, V + 17 p.
10. **MAINGUY, J., É. VALIQUETTE, M. LEGAULT, A.-M. PELLETIER ET L. L'ITALIEN** (2017). *La réintroduction réussie du bar rayé dans le fleuve Saint-Laurent: des premiers ensemencements au suivi de la population*. Suivi de l'état du Saint-Laurent, Plan d'action Saint-Laurent, 8 p.
11. *Loi sur les espèces en péril* (LEP) (L.C. 2002, ch. 29).



Radionucléides artificiels dans les eaux de surface et souterraines

ÉTAT

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Ne s'applique pas; état basé sur le dernier rapport.

La présence de radionucléides artificiels dans l'environnement a trois origines principales:

- les rejets réglementés des installations nucléaires et ceux qui sont liés aux activités de médecine nucléaire et de recherche;
- les essais atmosphériques d'armes nucléaires, pratiqués entre 1945 et 1980;
- les graves accidents nucléaires (Tchernobyl et Fukushima)[2].

Au Québec, les principales sources de radionucléides artificiels dans les eaux de surface sont les installations nucléaires de Gentilly-2 et des laboratoires de Chalk River.

GENTILLY-2

Eau de surface: Huit échantillons ont été prélevés dans deux stations en aval du canal de rejet des installations de Gentilly-2 dans le fleuve Saint-Laurent en 2018. Ces échantillons ont été analysés pour les teneurs en tritium. Un seul échantillon montrait une teneur supérieure à la limite de détection (6 Bq L^{-1}), soit de 25 Bq L^{-1}. Une seule concentration de carbone-14 a été quantifiée, soit de 0,28 Bq L^{-1} [3]. Des analyses complémentaires ont été réalisées en 2018, dans cinq stations du fleuve Saint-Laurent (un en amont, trois en aval et un sur la rive nord) et une station de la rivière Gentilly, pour le césium-137, le cobalt-60, l'eau tritiée, les particules alpha brutes et les particules bêta brutes. Les seuls paramètres détectés sont les particules alpha brutes (0,09 Bq L^{-1} dans une station en aval) et les particules bêta brutes

DESCRIPTION

Les concentrations de radionucléides sont analysées dans diverses matrices environnementales telles que l'eau, les sédiments et les tissus végétaux ou animaux. La *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* prévoit que les titulaires de permis d'installations nucléaires élaborent, mettent en œuvre et tiennent à jour un programme de surveillance environnementale afin de protéger le public, les travailleurs et l'environnement. La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) s'assure que ces suivis sont conformes aux règlements régissant l'industrie nucléaire du Canada[1]. Au Québec, Hydro-Québec assume l'ensemble des exigences légales pour les activités des installations de Gentilly-2, alors qu'en Ontario c'est la société Laboratoires nucléaires canadiens limitée qui les assume pour les activités des Laboratoires de Chalk River. Indépendamment, la CCSN échantillonne l'eau du fleuve et des rivières Gentilly et des Outaouais afin de confirmer que le public et l'environnement sont protégés (Programme indépendant de surveillance environnementale, PISE).

Rédigée par: **Direction de la gestion intégrée de l'eau**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
Collaboration: **Comité expert en radioactivité**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

(0,06 à 0,14 Bq L^{-1} dans les trois stations en aval et celle de la rivière Gentilly), dont les concentrations demeurent sous les niveaux de référence, soit respectivement de 0,5 et 1 Bq L^{-1} [4].

Eau potable: La majorité des échantillons d'eau potable prélevés dans des systèmes de distribution des villes de Trois-Rivières et Bécancour (secteur Gentilly), de la municipalité de Champlain et dans le puits artésien d'une ferme du secteur de Gentilly sont sous le seuil de détection de la méthode analytique pour l'analyse du tritium (4 à 6 Bq L^{-1}) alors que la norme du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* est de 7 000 Bq L^{-1} [5]. Les échantillons dans lesquels le tritium a été détecté, soit à Champlain et dans la ferme, présentent des concentrations de 4 à 6 Bq L^{-1} [3].

Sédiments dynamiques: Il n'y a pas de lien observable entre l'emplacement des stations et les concentrations de radionucléides dans les sédiments dynamiques du fleuve Saint-Laurent. Du béryllium-7, du potassium-40, du cobalt-60, du césium-137, de l'uranium-235 et de l'uranium-238 sont détectés aux deux stations d'échantillonnage en aval du canal de rejet des installations de Gentilly-2, alors que les autres radionucléides analysés sont sous les limites de détection. Cela suggère que l'influence de l'installation nucléaire de Gentilly-2 sur la concentration de radionucléides dans les sédiments dynamiques du fleuve est faible[3].

Plantes aquatiques: L'échantillonnage des plantes aquatiques du fleuve Saint-Laurent est fait dans une zone susceptible d'être affectée par les effluents liquides radioactifs de l'installation de Gentilly-2. Les concentrations de cobalt-60, niobium-95 et iode-131 sont inférieures aux limites de détection (LD) et légèrement plus élevées que la LD pour le césium-137. La concentration de potassium-40 (présent naturellement dans le sol) est de 561 Bq kg^{-1} et celle de carbone-14 est de 21 Bq kg^{-1} [3].

Mollusques: L'échantillonnage des mollusques est fait à environ 2 km de l'installation nucléaire de Gentilly-2 en aval du canal de rejet. Aucune concentration de niobium-95, de césium-137 ou d'iode-131 n'est détectée dans les coquilles et la chair des mollusques. Du cobalt-60 (lié aux rejets radioactifs liquides) et du potassium-40 (présent naturellement dans le sol) sont mesurés dans la chair. Les concentrations de carbone-14 dans les coquilles et la chair des mollusques sont respectivement de 113 et 268 Bq kg^{-1} [3].

Poissons: Les poissons sont prélevés entre mai et novembre dans l'anse Lemarier, qui est l'endroit le plus près du point de rejet où la pêche peut être pratiquée. Pour chacune des 12 espèces de poissons pêchées, les concentrations des radionucléides sont mesurées dans des échantillons composites formés des tissus de chaque espèce. Les concentrations moyennes de potassium-40 (présent naturellement dans le sol), de tritium et de carbone-14 sont respectivement de 114 Bq kg^{-1}, de 18,8 Bq kg^{-1} et de 772 Bq kg^{-1} [3].

LABORATOIRES DE CHALK RIVER, ONTARIO

La rivière des Outaouais sépare l'Ontario du Québec sur une grande partie de la rivière, ce qui explique que les activités des Laboratoires de Chalk River, situés à Deep River en Ontario, peuvent avoir un effet sur les eaux québécoises.

Eau de surface: Le suivi environnemental des Laboratoires nucléaires canadiens de 2018 montre que les concentrations de tritium et d'activité bêta totale mesurées dans la rivière des Outaouais sont stables et inférieures aux recommandations canadiennes pour l'eau potable, soit de 7 000 Bq L^{-1} pour le tritium, et aux valeurs de référence du risque écologique (respectivement de 17 400 et de 366 Bq L^{-1})[9]. Des analyses complémentaires ont été réalisées en 2015 dans six stations de la rivière des Outaouais, incluant une du côté québécois. Dans cette dernière, les trois paramètres analysés sont au-dessous des limites de détection (cobalt-60, particules alpha brutes et particules bêta brutes)[6].

PRESSIONS

La centrale nucléaire de Gentilly-2 est fermée de façon permanente depuis décembre 2012. Elle utilisait un réacteur nucléaire CANDU (CANada Deutérium Uranium). On y retrouve aussi une installation de gestion des déchets nucléaires. Les activités de déclassement comprennent toutes les mesures prises à la fin de la durée de vie d'un réacteur. Les plans de déclassement ont une durée moyenne de 50 ans[7]. Les activités liées aux installations de Gentilly-2 font l'objet d'une surveillance environnementale rigoureuse qui se poursuivra pendant toute la phase de déclassement[1].

Les Laboratoires de Chalk River (LCR) sont actuellement en exploitation et ils sont considérés comme étant parmi les laboratoires nucléaires les plus complexes au Canada. Leurs activités comprennent les services et le développement liés à l'industrie nucléaire et à d'autres domaines scientifiques, tels que la physique, la métallurgie, la chimie, la biologie et l'ingénierie[8]. Diverses installations nucléaires, dont le réacteur national de recherche universel (NRU), et l'installation de production de molybdène 99 (MPF), qui sont maintenant placées en état d'arrêt sûr et de veille (respectivement en mars 2018 et en octobre 2016), étaient exploitées sur le site des LCR. Les autres installations nucléaires des LCR comprennent des zones de gestion des déchets, des cellules universelles, des cellules de combustibles et de matériaux, le Centre de traitement des déchets et ses installations connexes. Le site des LCR abrite également divers laboratoires de recherche, de développement et d'analyse[9].

Ces activités peuvent générer des rejets d'éléments radioactifs dans l'environnement. Les rejets de radionucléides dans l'environnement se font principalement par l'air ou par les effluents dans le milieu aquatique. En cas de rejet accidentel de substances radioactives dans l'atmosphère, une dispersion de gaz solubles et de très fines particules (aérosols) contenant une certaine quantité de radionucléides se produit. Cette dispersion est influencée par les conditions météorologiques (par exemple, précipitations, vents) et peut entraîner ainsi une contamination de l'air ambiant et des milieux environnants (eau de surface, sols). La concentration de radionucléides est plus importante à proximité du point de rejet et au cœur du panache. Le devenir des radionucléides dépend de leurs caractéristiques physiques et chimiques (par exemple, taille et forme des particules), des conditions hydrométéorologiques donnant lieu notamment à des retombées dites humides ou sèches, ainsi que des caractéristiques du milieu où se produisent les dépôts radioactifs. Une fois dans les sols et dans le milieu aquatique, les radionucléides peuvent être présents sous forme dissoute ou associés à la phase solide (par exemple, matières en suspension minérales ou organiques). Ils peuvent également être absorbés et accumulés par la faune et la flore ou s'accumuler dans les sédiments[2].

Ainsi, les suivis réalisés par les titulaires de permis d'installations nucléaires sont essentiels pour assurer la protection du public, des travailleurs et de l'environnement.

FORCES

- Activités industrielles[2]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* (L.C. 1997, ch. 9) (LSRN)[10]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Canada)

- Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE)[11]

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Surveillance environnementale près des installations de Gentilly-2[1] http://www.hydroquebec.com/declassement-gentilly-2/suivi-environnemental.html
- Programme indépendant de surveillance environnementale: Installation nucléaire de Gentilly-2[4] https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/gentilly2.cfm
- Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE): Laboratoires de Chalk River[6] https://www.nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/ch-river.cfm

RÉFÉRENCES

1. **HYDRO-QUÉBEC** (1996-2019). « Surveillance environnementale près des installations de Gentilly-2 », dans le site *Déclassement des installations de Gentilly-2*, [En ligne], http://www.hydroquebec.com/declassement-gentilly-2/suivi-environnemental.html (page consultée le 29 juillet 2019).
2. **CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC** (CEAEQ) (2015). Procédure d'évaluation du risque radiotoxique pour l'environnement, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 28 p. et annexes.
3. **HYDRO-QUÉBEC** (2019). « Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 – Rapport annuel 2018 », Rapport technique G2-RT-2019-00518-001, version finale, avril 2019, [En ligne], http://www.hydroquebec.com/data/production/pdf/rapport-surveillance-environnement-gentilly-2019.pdf.
4. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN) (2019). « Programme indépendant de surveillance environnementale: Installation nucléaire de Gentilly-2 », dans le site Installation nucléaire de Gentilly-2, [En ligne], https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/gentilly2.cfm (page consultée le 29 juillet 2019).
5. **DIRECTION DE LA SANTÉ ENVIRONNEMENTALE ET DE LA TOXICOLOGIE, INSTITUT DE LA SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC** (INSP) (2016). « Avis scientifique sur le tritium dans l'eau potable », Bibliothèque et Archives nationales du Québec, ISBN: 978-2-550-72311-0 (PDF), Gouvernement du Québec, 54 p. et 4 annexes.
6. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN) (2019). « Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE): Laboratoires de Chalk River », dans le site Ressources, [En ligne], https://www.nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/ch-river.cfm (page consultée le 7 janvier 2020).
7. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN), (2019). « Installation nucléaire de Gentilly-2 » dans le site Réacteurs, [En ligne], http://www.suretenucleaire.gc.ca/fra/reactors/power-plants/nuclear-facilities/gentilly-2-nuclear-generating-station/index.cfm (page consultée le 4 mars 2020).
8. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN), (2019). « Laboratoires de Chalk River » dans le site Réacteurs, [En ligne], https://nuclearsafety.gc.ca/fra/reactors/research-reactors/nuclear-facilities/chalk-river/index.cfm (page consultée le 4 mars 2020).
9. **LABORATOIRES NUCLÉAIRES CANADIENS** (2019). « Rapport annuel de surveillance de la conformité – Surveillance de l'environnement des Laboratoires de Chalk River en 2018 », LCR-509243-ACMR-2018, révision 0, juin 2019, [En ligne], https://www.cnl.ca/site/media/Parent/CRL-509243-ACMR-2018-Fre.pdf.
10. ***LOI SUR LA SÛRETÉ ET LA RÉGLEMENTATION NUCLÉAIRES***, L.C. 1997, sanctionnée 1997-03-20, c. 9.
11. **COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE** (CCSN) (2019). « Programme indépendant de surveillance environnementale (PISE) », dans le site Ressources, [En ligne], https://www.nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/maps-of-nuclear-facilities/iemp/index-iemp.cfm (page consultée le 29 juillet 2019).

Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

POISSONS

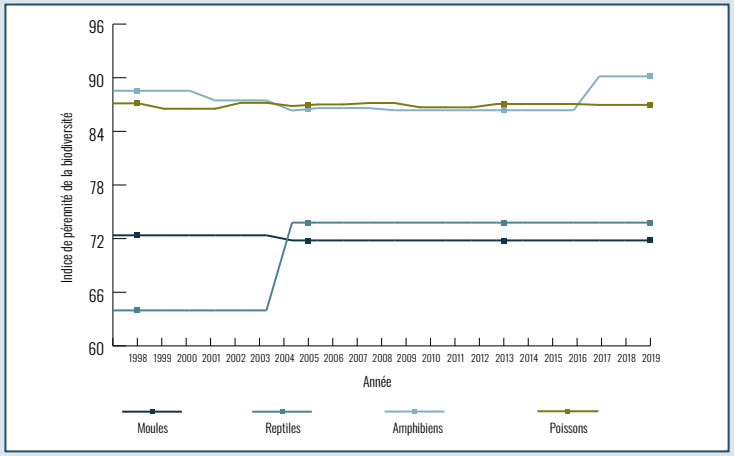
Au niveau des poissons, l'indice de pérennité est plutôt stable depuis le début de l'évaluation des rangs S (figure 1). En effet, l'influence des espèces largement réparties sur le territoire québécois et qui sont en bonne situation (S4 et S5, soit environ 79 % des espèces évaluées) assure un niveau plutôt élevé dans l'analyse de pérennité, depuis les premières évaluations (figure 2). De plus, le nombre d'espèces considérées comme en situation précaire (S1 à S3), qui était de 26 en 1998, a atteint un plateau à 30 en 2005 pour redescendre à 23 en 2019. On peut attribuer ces modifications aux actions de rétablissement, notamment l'acquisition de connaissances qui a permis de mieux évaluer l'état actuel de plusieurs espèces méconnues et rarement inventoriées.

Enfin, il est important de mentionner qu'en plus de la tendance de l'indice de pérennité, l'état de plusieurs espèces de poissons est critique au Québec. Sur les 109 espèces indigènes de poissons présentes, 3 sont désignées comme menacées et 5 sont désignées comme espèces vulnérables au Québec en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Québec* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)[23]. De plus, 15 espèces sont inscrites sur la liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables. Ainsi, 21 % des espèces indigènes de poissons du Québec sont considérées comme étant dans une situation précaire. Le processus de désignation de certaines espèces est en cours. On peut donc s'attendre à une augmentation du nombre d'espèces identifiées officiellement comme étant en situation précaire.

DESCRIPTION

L'indicateur « Rang S (poissons et moules d'eau douce) » est issu d'une analyse comparative entre les précédents calculs du rang de priorité de conservation S (pour *state* ou province, méthodologie de NatureServe[10]) concernant toutes les espèces indigènes de poissons (d'eau douce et diadromes) et de moules d'eau douce. Ces rangs ont été calculés en 1998, 2005, 2011 et 2019. Les calculs sont faits en choisissant la catégorie qui correspond le plus à la situation actuelle de l'espèce évaluée sur 8 critères différents. Les rangs varient entre S1 (espèce sévèrement en péril) et S5 (espèce largement répartie, abondante et stabilité démontrée). L'analyse comparative des rangs S permet de faire un état de la situation pour l'ensemble des espèces de poissons (d'eau douce et diadromes) et de moules d'eau douce présentes au Québec et de noter les variations d'une année de calcul à l'autre : l'indice de pérennité (encart « Méthodologie »).

Figure 1 Indice de pérennité des espèces aquatiques indigènes du Québec



Les lignes montrent les changements apportés aux rangs S (indice de pérennité) des espèces indigènes étroitement liées à l'eau (reptiles, amphibiens, moules d'eau douce et poissons) du Québec. Les points indiquent les années d'évaluation du rang S (à noter que certaines espèces ont reçu des révisions de leur rang S entre les années d'évaluation, ce qui explique la variation entre les points). Plus l'indice est élevé, plus les espèces du groupe sont en bon état.

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune aquatique**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Collaboration: **Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

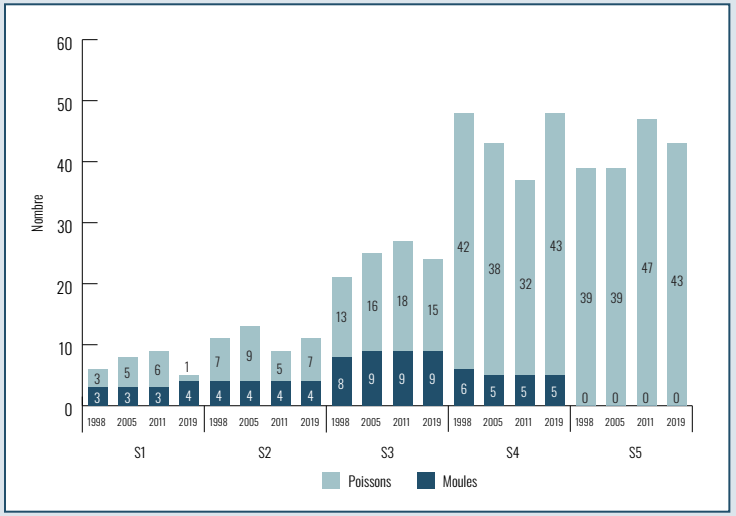
MOULES D'EAU DOUCE

En ce qui concerne les moules d'eau douce, l'indice de pérennité est stable depuis le début de l'évaluation des rangs S de ce groupe (figure 1), sauf pour la mulette-perlière de l'Est, dont le rang est passé de S4 à S3 en 2005. L'ajout d'une nouvelle espèce de moules découverte au Québec en 2016, l'anodonte papyracée de rang S1 (figure 1 et figure 2), n'a pas d'effet sur l'indice de pérennité en 2019 (figure 1), puisque le rang S1 a été attribué aux années précédentes, jugeant que l'espèce aurait eu la même précarité si elle avait été découverte avant.

Aucune espèce de moule d'eau douce n'a un rang S5 (large répartition, large abondance et stabilité démontrée) et le nombre d'espèces qui ont un rang S4 (apparemment stable) est passé de 6 en 1998 à 5 en 2005 et est resté stable depuis (figure 2), ce qui représente 23 % des espèces. Le nombre d'espèces considérées comme étant en situation précaire (S1 à S3) est passé de 15 (en 1998) à 16 en 2005. Ce plateau s'est maintenu jusqu'en 2018 inclusivement. En 2019, l'ajout d'une nouvelle espèce de rang S1 a fait monter ce nombre à 17 espèces précaires, ce qui représente 77 % des espèces de moules d'eau douce indigènes au Québec. Sur les 22 espèces indigènes de moules d'eau douce présentes au Québec, 8 sont inscrites sur la liste des espèces de la faune susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables en vertu de la LEMV. Ce sont l'alasmidonte rugueuse, l'anodonte du gaspareau, l'elliptio à dents fortes, l'elliptio pointu, la leptodée fragile, la mulette-perlière de l'Est, l'obovarie olivâtre et le potamile ailé. L'anodonte papyracée, également en situation précaire est candidate à être inscrite sur la prochaine liste.

Actuellement, huit des neuf espèces de rang S3 ne figurent pas sur la liste des espèces susceptibles et certaines d'entre elles seront potentiellement ajoutées comme candidates. Quant à l'obovarie olivâtre et à l'anodonte du gaspareau, ces deux espèces sont actuellement en processus de désignation en vertu de la LEMV. L'obovarie olivâtre est la seule espèce de moules inscrite à l'annexe I de la *Loi sur les espèces en péril*. Les moules d'eau douce constituent un des groupes d'espèces le plus en déclin en Amérique du Nord[12,13,14]. Le fait que le Québec constitue, en partie, la limite périphérique nord de la répartition globale de nos espèces et que 77 % de celles-ci sont en déclin démontre qu'il y a un besoin de travailler sur la conservation et le rétablissement des moules d'eau douce à l'échelle du Québec.

Figure 2 Évolution des rangs S des poissons d'eau douce et diadromes et des moules d'eau douce du Québec



L'indicateur du rang S (poissons et moules d'eau douce) est applicable à l'échelle de la province. Le rang est attribué à l'espèce et non à une population localisée.

PRESSIONS

Les pressions affectant la situation des espèces de poissons et de moules d'eau douce indigènes du Québec proviennent majoritairement d'activités anthropiques qui résultent en la destruction, la dégradation et la fragmentation des habitats fréquentés par ces espèces, l'introduction d'espèces envahissantes, mais aussi en une diminution des stocks de poissons qui a également un effet sur les moules, puisqu'elles dépendent d'espèces de poissons hôtes compatibles pour la transformation des larves en juvéniles[1,9,12,25]. Ces pressions sont prises en compte dans l'évaluation des rangs S de chaque espèce, ce qui paraît ensuite dans l'analyse de pérennité.

L'urbanisation, les eaux usées, les activités industrielles et agricoles ont différents effets sur les habitats aquatiques. L'empiètement du territoire aquatique limite la quantité et la qualité des habitats disponibles pour la faune. Par exemple, les habitats de fraie de la perchaude au lac Saint-Pierre ont grandement diminué au cours des dernières années dû à la conversion des zones inondables en terres agricoles[9]. De plus, la pollution modifie les paramètres physicochimiques naturels des habitats aquatiques au niveau de la disponibilité des nutriments (eutrophisation, débalancement des chaines trophiques, etc.)[1,7]. Par exemple, l'eutrophisation générée par un apport excédentaire en phosphore (provenant entre autres de surcharge en engrais) peut faire diminuer la quantité d'herbiers qui sont essentiels à la reproduction d'espèces, comme le méné d'herbe[7]. La pollution engendrée par les rejets d'usines d'épuration peut avoir des répercussions sur le développement des poissons et des moules d'eau douce. Par exemple, certains perturbateurs endocriniens pourraient limiter le développement sexuel de certaines espèces[4,12,14]. Étant des organismes filtreurs d'une grande longévité, les moules d'eau douce accumulent les diverses substances dans l'organisme, dont les métaux lourds, les substances chimiques industrielles et pharmaceutiques. Les effets chroniques des polluants sur la santé et la reproduction sont bien documentés (écotoxicologie). De nombreux produits toxiques ont des effets sublétaux, tels que la perturbation des cycles hormonaux, la modification du comportement ou la réduction du taux métabolique. À long terme, les effets cumulés peuvent avoir de profondes répercussions sur la survie et la croissance[12,14].

La pollution qui résulte en la sédimentation du substrat a un effet direct sur la disponibilité des sites de fraie de nombreuses espèces de salmonidés et de percidés qui fraient sur le gravier ou le sable[1-6,8,16,17,18]. Lorsque ce substrat bien oxygéné est couvert par des sédiments fins, il devient moins perméable à l'oxygène, nuisant directement au développement des œufs[1,2,3,5,6,8]. La mulette-perlière de l'Est, dont le poisson hôte principal de ses larves est le saumon atlantique, est particulièrement sensible à la sédimentation. Les juvéniles de cette espèce ont besoin d'un substrat bien oxygéné

ENCART

MÉTHODOLOGIE*

Rang de priorité de conservation

La révision des rangs de priorité pour les poissons, les moules d'eau douce et l'herpétofaune du Québec (rangs S) est un processus cyclique qui est répété environ tous les 7 ans. Il est basé sur un calcul de l'état global de la situation de chaque espèce selon les huit critères suivants: la superficie de la zone d'occurrence (*range Extent*), la superficie de la zone d'occupation (*area of occupancy*), le nombre d'occurrences, la taille de la population, l'intégrité écologique des occurrences ou du pourcentage de l'aire d'occupation, la tendance à court terme (projection sur les 20 prochaines années), la tendance à long terme (au cours des 200 dernières années) et l'impact des menaces. Les rangs utilisés pour l'indice sont S1 (sévèrement en péril), S2 (en péril), S3 (vulnérable), S4 (largement répartie, abondante et apparemment hors de danger, mais il demeure des causes d'inquiétude à long terme) et S5 (largement répartie, abondante et stabilité démontrée).

Indice de pérennité

L'indice de pérennité (indice du changement des rangs S), calculé pour les espèces fauniques indigènes intimement liées à l'eau, intègre un impact plus sévère d'une espèce qui passe de S3 à S2, comparée à une espèce qui passe de S5 à S4. Une fonction logarithmique permet d'accorder plus d'importance aux changements pour les espèces très précaires. Ainsi, une espèce de rang S1 qui devient S2 augmente son indice de 22% tandis qu'une espèce de rang S4 qui devient S5 augmente son indice de 10%. À noter que l'indice est ajusté à une échelle de 0 à 100. Un indice élevé représente une communauté peu précaire et pérenne tandis qu'un indice faible reflète la précarité d'une communauté. Un indice de pérennité de 100 représente seulement des espèces ayant un rang S5.

La méthodologie est basée sur l'étude de Quayle et collab. (2007)[21].

et non compacté de particules fines pour se développer[23,25]. Enfin, l'utilisation de certains insecticides (notamment le BTi) pourrait nuire à la disponibilité des proies des poissons insectivores[3].

Au niveau des espèces exploitées, la pêche commerciale et sportive peut avoir un effet sur la résilience des populations en réduisant les stocks. Cependant, la gestion durable des pêches permet de moduler les quotas et les prises quotidiennes afin de maintenir la disponibilité des stocks. Cette pression est donc contrôlée et contrôlable, mais pourrait affecter la pérennité des populations de poissons[16,17,18].

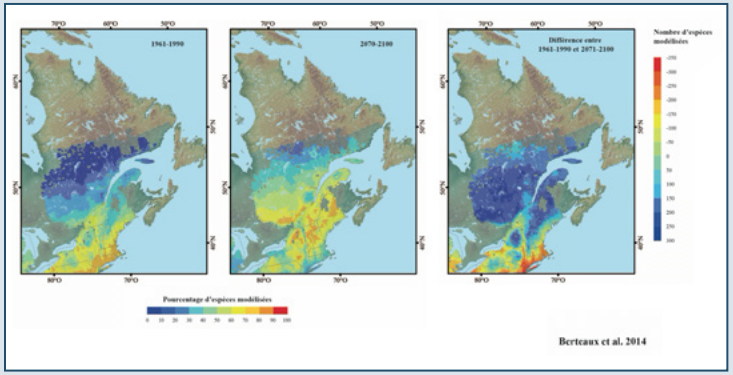
La présence d'espèces exotiques envahissantes vient modifier les rôles trophiques en compétitionnant pour les mêmes ressources que les espèces indigènes et en détruisant leurs habitats. C'est notamment le cas de certaines carpes asiatiques qui détruisent les herbiers en s'alimentant dans le substrat et du gobie à tache noire, qui est en compétition directe avec les petits percidés (fouille-roche gris, raseux-de-terre noir et gris)[1,3,4,6,7]. L'introduction des moules zébrées et quaggas dans les Grands Lacs et dans le fleuve Saint-Laurent à la fin des années 1980 et au début des années 1990 est une cause majeure du déclin des moules d'eau douce dans le fleuve et la rivière Richelieu[12-14]. La moule zébrée introduite récemment dans le lac Memphrémagog aura un effet sur les moules indigènes du bassin versant de la rivière Saint-François.

Les infrastructures de transport (routes, ponts, calvettes, etc.) ont un effet sur les régimes d'écoulement de l'eau et peuvent modifier le substrat et fragmenter les habitats. Certaines de ces infrastructures deviennent des obstacles infranchissables, notamment pour les espèces de petits poissons n'ayant pas de grandes capacités natatoires, lorsqu'ils ne sont pas conçus de façon optimale[1,3,6].

Les barrages peuvent avoir un effet direct sur la pérennité des espèces de poissons et de moules parce qu'ils fragmentent et modifient les habitats par la gestion des niveaux d'eau et limitent les migrations de poissons. Les barrages réduisent le potentiel de reproduction des moules et les isolent génétiquement, en constituant des obstacles majeurs aux déplacements des poissons hôtes essentiels à leur reproduction et à leur dispersion[12-14, 23-25]. De plus, les barrages hydroélectriques sont susceptibles d'engendrer des mortalités par turbinage, notamment pour l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*)[15].

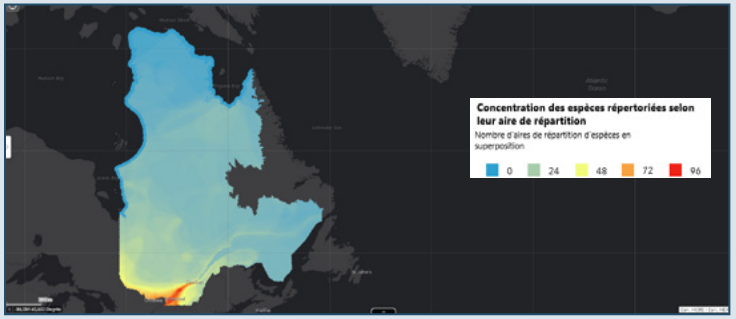
La navigation commerciale et de plaisance peut avoir un effet négatif sur la reproduction et le comportement des poissons par le dérangement sonore. De plus, le batillage détruit les herbiers aquatiques[4,7].

Figure 3 Effets potentiels sur 765 espèces modélisées des changements climatiques prévus entre 1961-1990 et 2071-2100



Berteaux et ses collaborateurs (2014) ont modélisé les effets potentiels des changements climatiques sur 765 espèces fauniques et floristiques, en comparant la différence entre le pourcentage d'espèces répertoriées de la période 1961-1990 et la période 2070-2100 (voir les deux cartes sur la 1re ligne). Le résultat (voir la carte sur la 2e ligne) montre que, vers le nord, le nombre d'espèces augmentera, alors que ce sera l'inverse vers le sud (Berteaux et collab., 2014).

Figure 4 Carte de la biodiversité des espèces de poissons d'eau douce et diadrome du Québec



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Cette carte présente les différentes aires de répartition superposées des espèces de poissons du Québec. Notez la grande concentration des espèces dans le sud de la province. Les zones bleues présentent une faible biodiversité, alors que les zones rouges montrent une concentration élevée d'espèces différentes. Il est possible qu'une même espèce se porte bien près de la limite nordique de son aire de répartition, là où les pressions peuvent être moindres, alors que son état est précaire dans le sud.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Il est actuellement difficile de savoir quelles seront les répercussions des changements climatiques sur les poissons d'eau douce et diadromes et les moules d'eau douce indigènes du Québec, mais leur impact va nécessairement nuire à leur capacité à résister aux autres pressions. Une des conséquences des changements climatiques est une augmentation de l'instabilité du climat, et de nombreux scénarios indiquent que les vagues de chaleur, les périodes de sécheresse et les épisodes de précipitations abondantes seront de plus en plus fréquents. La modification des températures et des régimes de précipitations pourrait engendrer des changements du régime d'écoulement et des fluctuations des niveaux d'eau, ce qui pourrait réduire la qualité des habitats de faible profondeur utilisés par plusieurs espèces, dont le fouille-roche gris, le dard de sable et le méné d'herbe[1,3,7] et des moules d'eau douce. L'augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes pourrait déstabiliser la force des cohortes de plusieurs espèces, notamment l'éperlan arc-en-ciel[2]. En contrepartie, l'accroissement des températures pourrait être bénéfique aux espèces situées à la limite nordique de leur aire de répartition. C'est notamment le cas du fouille-roche gris, puisque sa répartition est possiblement limitée par des températures d'eau trop froides[1].

La hausse du niveau marin et la baisse du débit du Saint-Laurent causées par les changements climatiques risquent de provoquer une remontée du front de salinité, situé actuellement entre l'île aux Coudres et l'île d'Orléans[11,12]. Celle-ci pourrait perturber les écosystèmes particuliers de cette zone, l'habitat n'offrant plus les conditions essentielles à l'établissement des moules d'eau douce.

L'augmentation des épisodes de précipitations abondantes peut modifier les habitats. Les frayères des poissons peuvent être endommagées ou détruites et les juvéniles peuvent être entraînés vers l'aval. Les sédiments en suspension dans l'eau lors des crues nuisent à l'alimentation et peuvent également ensevelir les moules. Les forts courants peuvent arracher les moules du substrat et les entraîner en aval dans des habitats parfois moins propices. Les roches ou les autres matériaux composant le substrat qui sont emportés par le courant peuvent casser ou écraser les coquilles[12]. Lors d'une période de sécheresse persistante, la température de l'eau augmente et la profondeur de l'eau ainsi que la vitesse du courant diminuent. La baisse de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau et l'augmentation de la concentration des polluants organiques et inorganiques, normalement dilués dans un plus grand volume d'eau, nuisent aux moules et aux poissons. La diminution

FORCES

- Urbanisation[1 à 7,9]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[1 à 7]
- Pêche commerciale[4,20]
- Pêche récréative ou de subsistance[2,5,8,16,17,18]
- Infrastructures de transport[1 à 7]
- Activités industrielles[1 à 7,12,13,14]
- Activités forestières[8]
- Activités agricoles[1 à 7,9,12,13,14]
- Gestion des barrages[1,3,4,6,12,13,14]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[4,19]
- Navigation commerciale sur le Saint-Laurent[19]
- Espèces exotiques envahissantes[1,3,4,6,7,12,13,14]

IMPACTS

- Perte d'un patrimoine naturel ou archéologique québécois[26]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)[12]
- Perte ou limitation de la pêche commerciale[12,14]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1 à 7,12 à 14,23 à 25]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[1 à 7,12 à 14]
- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[1 à 7]
- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)[1 à 7]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[1 à 7,12 à 14]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[1 à 7,12 à 14]
- Diminution de la biodiversité pour les espèces d'eau froide
- Impact sur la résilience des espèces en situation précaire

de la profondeur de l'eau les rend plus susceptibles à la prédation. Les moules peuvent se retrouver hors de l'eau, se déshydrater et mourir. Le manque d'oxygène dissous dans l'eau nuit à la respiration ainsi qu'à la croissance, réduit les réserves de glycogène et peut compromettre la reproduction des organismes[12]. Le niveau d'eau très bas dans le fleuve Saint-Laurent lors des étés 2010 et 2012 a engendré la mortalité massive de moules d'eau douce, entre autres au lac Saint-Pierre et dans son archipel, dans des secteurs considérés comme des refuges[12,14].

Les tendances indiquent, avec un niveau de confiance élevé, qu'à l'horizon 2050 les étiages estivaux seront plus sévères et plus longs et l'hydraulicité estivale sera plus faible pour le Québec méridional[11,12], ce qui aura un effet certain sur les espèces qui privilégie les eaux fraîches bien oxygénées[23,25], dont la mulette-perlière de l'Est, espèce en déclin, ainsi que certaines espèces de poisson d'eau froide (salmonidés dont l'omble chevalier oquassa[8]) qui n'auraient pas les capacités natatoires nécessaires à la migration vers des zones plus tempérées.

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r. 35)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) (RLRQ, c. Q-2, a. 22)
- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)[12]
  - *Règlement sur les permis de pêche* (RLRQ, c. C-61.1, r. 20.2)
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)
  - *Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (REFMVH) (RLRQ, c. E-12.01, r. 2)
- *Loi sur les pêcheries commerciales et la récolte de végétaux aquatiques* (RLRQ, c. P-9.01)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)[12]

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les espèces en péril du Canada* (LEP) (L.C. 2002, ch. 29)[12]
- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)[12]
  - *Règlement sur les autorisations relatives à la protection du poisson et de son habitat* (DORS/2019-286)
  - *Règlement de pêche du Québec* (DORS/90-214)[12]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)[24,25]

AUTRES

- Accompagnement des MRC et municipalités
- Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ)
- Rapports et publications de sensibilisation[12]
- Recherche gouvernementale
- Réintroduction d'espèces[25]
- Réseaux de suivi

POUR EN SAVOIR PLUS...

- *Element Occurrence Data Standard*[27]
  https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard

RÉFÉRENCES

1. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET PETITS PERCIDÉS DU QUÉBEC** (2019). *Plan de rétablissement du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec, 2019-2029*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 41 p.
2. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL, POPULATION DU SUD DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT** (2019). *Plan de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) au Québec, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent, 2019-2029*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 40 p.
3. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET PETITS PERCIDÉS DU QUÉBEC** (2019). *Bilan du rétablissement du dard de sable (*Ammocrypta pellucida*) au Québec pour la période 2007-2018*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 46 p.
4. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU CHEVALIER CUIVRÉ DU QUÉBEC** (2012). *Plan de rétablissement du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) au Québec, 2012-2017*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Faune Québec, 54 p.
5. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL, POPULATION DU SUD DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT** (2019). *Bilan du rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) au Québec, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent pour la période 2008-2016*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 58 p.
6. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET PETITS PERCIDÉS DU QUÉBEC** (2019). *Bilan du rétablissement du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec pour la période 2001-2016*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 60 p.
7. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET DES PETITS PERCIDÉS** (2012). *Plan de rétablissement du méné d'herbe (*Notropis bifrenatus*) au Québec, 2012-2017*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Faune Québec, 34 p.
8. **RIVIÈRE, T., M. ARVISAIS, D. BANVILLE ET M.-A. COUILLARD** (2018). *Rapport sur la situation de l'omble chevalier oquassa (*Salvelinus alpinus oquassa*) au Québec*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 50 p.
9. **LÉVESQUE, ANN, J. DUPRAS ET J.-F. BISSONNETTE** (2019). « The pitchfork or the fishhook: a multi-stakeholder perspective towards intensive farming in floodplains », *Journal of Environmental Planning and Management*, DOI: 10.1080/09640568.2019.1694872.
10. **NATURESERVE**, 2019. « An Online Encyclopedia of Life », dans le site de NatureServe Explorer, [En ligne], http://www.natureserve.org/explorer/ (page consultée le 20 septembre 2019).
11. **CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC** (CEHQ) (2015). *Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050*, Québec, 81 p.
12. **PAQUET, A., N. DESROSIERS ET A. L. MARTEL** (2018). *Rapport sur la situation de l'anodonte du gaspareau (*Anodonta implicata*) au Québec*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 54 p.
13. **COSEPAC** (2011). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur l'obovarie olivâtre (*Obovaria olivaria*) au Canada*. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Xi + 52 p.
14. **BOUVIER, L.D., A. PAQUET ET T.J. MORRIS** (2013). *Information à l'appui de l'évaluation du potentiel de rétablissement de l'obovarie olivâtre (*Obovaria olivaria*) au Canada*. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Doc. de recherche 2013/041, v + 47 p.
15. **DESROCHERS, D.** (1995). *Suivi de la migration de l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) au complexe Beauharnois, 1994, [par] MILIEU et Associés inc., [pour] le service Milieu naturel*, Vice-présidence environnement, Hydro-Québec, 107 p.
16. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2014). *Synthèse du plan de gestion du touladi au Québec 2014-2020*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, Québec, 11 p.

RÉFÉRENCES (SUITE)

17. **ARVISAIS, M., Y. PARADIS ET I. THIBAULT** (2016). *Plan de gestion du doré au Québec, 2016-2026*, Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, 14 p.
18. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2016). *Plan de gestion du saumon atlantique 2016-2026*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, Québec, 40 p.
19. **WEILGART, L.** (2018). *The impact of ocean noise pollution on fish and invertebrates*. Report for OceanCare, Switzerland. 34 p.
20. **CARON, F., P. DUMONT, Y. MAILHOT ET G. VERREAULT** (2006). *État des stocks d'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) au Québec en 2004*. 2e édition révisée. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Direction de la recherche sur la faune, Québec, 34 p.
21. **QUAYLE, JAMES F., LEAH R. RAMSAY ET DAVID F. FRASER** (2007). « Trend in the Status of Breeding Bird Fauna in British Columbia, Canada, Based on the IUCN Red List Index Method », *Conservation Biology*, vol. 21, no 5, p. 1241-1247.
22. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS.** *Guide d'application du Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État*, Gouvernement du Québec, [En ligne], mffp.gouv.qc.ca/RADF/guide.
23. **GEIST, J., ET K. AUERSWALD** (2007). « Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (Margaritifera margaritifera) », *Freshwater Biology*, 52: 2299-2319
24. **ZANATTA, D.T., B.C. STOECKLE, K. INOUE, A. PAQUET, A.L. MARTEL, R. KUEHN ET J. GEIST** (2018). « High genetic diversity and low differentiation in North Amercian Margaritifera margaritifera (Bivalvia: Unionida: Margaritiferidae) », *Biological Journal of the Linnean Society*, 14 p.
25. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (en préparation). Mulette-perlière de l'Est : influence du barrage du lac Matane sur la population en amont et étude phylogénique, Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques.
26. **BEAULIEU, HÉLÈNE** (1992). *Liste des espèces de la faune vertébrée susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, ISBN 2-550-27104-1, 107 p.
27. **NATURESERVE**, 2002. *Element Occurrence Data Standard*. NatureServe et Network of Natural Heritage – Programs and Conservation Data Centers, 201 p., [En ligne], https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard.

Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)

ÉTAT

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Maintien

La figure 1 présente l'indice de pérennité des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau. Voici les espèces concernées, avec leur dernière évaluation de rang S indiquée entre parenthèses, qui a été effectuée en 2019:

Pour les amphibiens, les espèces considérées sont le crapaud d'Amérique (S5), la grenouille des bois (S4), la grenouille des marais (S4), la grenouille du Nord (S4), la grenouille léopard (S4), la grenouille verte (S4S5), le necture tacheté (S3), le ouaouaron (S4S5), la rainette crucifère (S4), la rainette faux-grillon boréale (S2), la rainette faux-grillon de l'Ouest (S2), la rainette versicolore (S4), la salamandre à deux lignes (S5), la salamandre à points bleus (S4S5), la salamandre à quatre orteils (S3), la salamandre cendrée (S4), la salamandre maculée (S4S5), la salamandre pourpre (S3), la salamandre sombre des montagnes (S2S3), la salamandre sombre du Nord (S4) et le triton vert (S4).

Pour les reptiles, les espèces considérées sont la couleuvre d'eau (S3), la tortue des bois (S3), la tortue géographique (S3), la tortue mouchetée (S2S3), la tortue musquée (S2S3), la tortue peinte (S4), la tortue serpentine (S4) et la tortue-molle à épines (S1).

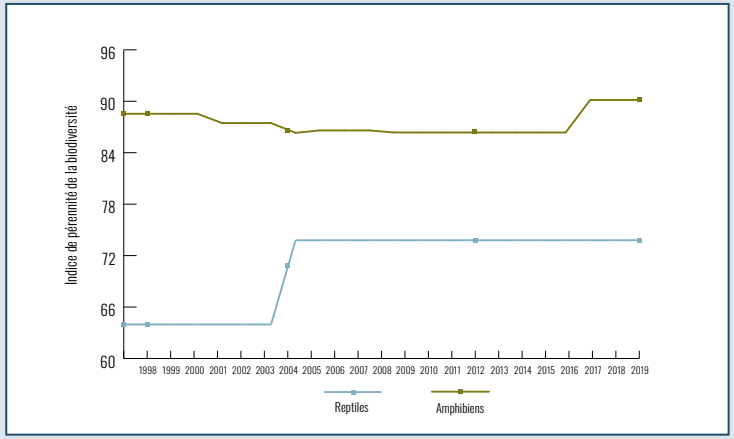
Parmi toutes ces espèces, seulement deux ont actuellement un rang S5.

Au fur et à mesure que les évaluations de rang S sont effectuées, on remarque une fluctuation dans l'indice de pérennité. Cela met en lumière que, si un nombre élevé d'espèces se voient attribuer un changement draconien dans leur rang S, un changement sera facilement détectable dans la tendance de l'indice de pérennité.

DESCRIPTION

L'indicateur est issu d'une analyse comparative entre les précédents calculs du rang de précarité S (« S » pour *state* ou province; ci-après « rang S ») concernant les espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau. La valeur attribuée au rang suit la méthodologie de NatureServe[10]. Les calculs sont faits en choisissant la catégorie qui correspond le plus à la situation actuelle de l'espèce évaluée sur huit critères. Les années de calculs sont 1998, 2005, 2012 et 2019. Cette analyse permet de tirer un état de la situation pour ces espèces dépendantes de l'eau. Elle s'appuie sur l'indice de changement des rangs S attribués aux espèces d'une année de calcul à l'autre: l'indice de pérennité (encart Méthodologie).

Figure 1 Indice de pérennité des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau



Les lignes montrent la variation de l'indice de changement du rang S, ou indice de pérennité, attribué aux espèces indigènes d'herpétofaune du Québec qui sont étroitement liées à l'eau. Les points indiquent les années d'évaluation du rang S (à noter que certaines espèces ont reçu des révisions de leur rang S entre les années d'évaluation, ce qui explique la variation entre les points).

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

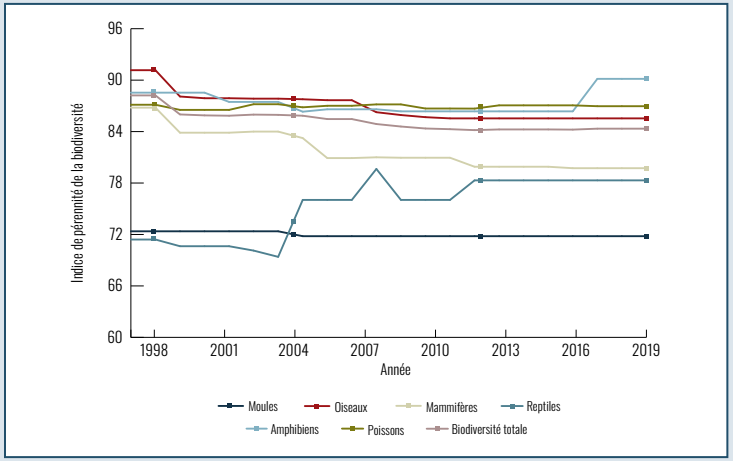
La tendance de l'indice pour le groupe des amphibiens et pour le groupe des reptiles a été montrée séparément (figure 1). Si une comparaison devait être faite entre ces deux groupes, on pourrait en déduire que, généralement, les espèces d'amphibiens du Québec sont en meilleure situation que celles de reptiles qui sont étroitement liées à l'eau. Par contre, il est important de noter que l'on retrouve ici deux groupes d'espèces fauniques particulièrement en danger au Québec, voire au monde. En effet, l'état de plusieurs espèces d'herpétofaune est critique au Québec. Sur les 36 espèces indigènes d'amphibiens et de reptiles présentes au Québec, 5 sont désignées comme menacées et 4 sont désignées comme vulnérables au Québec en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Québec* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01). De plus, 11 espèces sont inscrites sur la liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables. Ainsi, 56 % des espèces indigènes d'herpétofaune du Québec sont considérées comme étant dans une situation précaire. À titre comparatif, le pourcentage est d'environ 20% pour les mammifères, de moins de 15 % pour les poissons marins et d'eau douce et de moins de 6% pour les oiseaux.

Bien sûr, il faut prendre en considération que l'état de la situation de ces espèces ne repose pas uniquement sur la qualité des plans d'eau qu'elles fréquentent, bien que ces derniers soient essentiels à leur survie. Pour plus de détails à ce propos, consultez la section « Pressions ».

Le portrait de l'évolution de l'indice de pérennité pour l'ensemble de la biodiversité faunique indigène du Québec dont nous disposons d'une évaluation de rangs S est présenté à la figure 2. Les seuls invertébrés considérés dans cette figure correspondent aux espèces de moules d'eau douce qui sont suivies par le personnel du MFFP. En comparant les deux figures, on s'aperçoit rapidement que l'état des reptiles étroitement liés à l'eau est bien en dessous de celui des autres groupes d'espèces évalués, hormis les moules d'eau douce. Le Québec n'ayant que peu d'espèces de reptiles, et encore moins d'espèces étroitement liées à l'eau, le changement de rang S vers des valeurs de précarité plus élevées pour cette catégorie se traduit en une variation flagrante de l'indice, alors que pour une catégorie comme les poissons d'eau douce indigènes et diadromes, avec 109 espèces, un changement de rang S vers des valeurs plus précaires pour un nombre d'espèces équivalent se retrouve moins bien représenté.

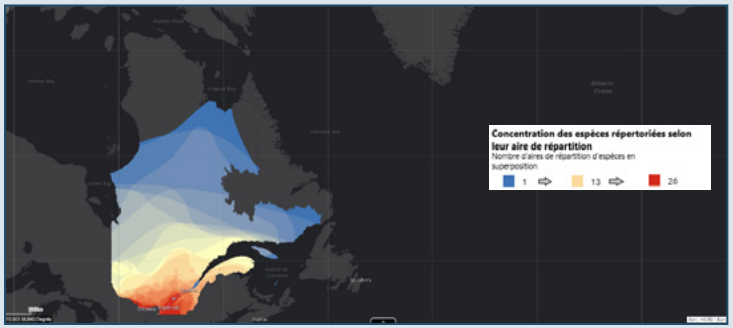
Enfin, il est important de considérer que l'indice de pérennité est applicable à l'échelle de la province seulement. Le rang S est attribué à l'espèce et non à une population localisée. Il est possible qu'une même espèce se porte bien près de la limite nordique de son aire de répartition, là où les pressions peuvent être moindres, alors que son état est beaucoup plus précaire dans le sud, où la présence anthropique est concentrée. La figure 3 montre l'état de la biodiversité des espèces d'herpétofaune qui sont étroitement liées à l'eau au Québec.

Figure 2 Indice de pérennité de la biodiversité indigène du Québec



Les lignes montrent la variation de l'indice de changement du rang S, ou indice de pérennité, attribué à l'ensemble de la biodiversité faunique indigène du Québec. La ligne représentant les reptiles intègre ainsi plus d'espèces que dans la figure 1, puisqu'on considère maintenant les espèces qui ne sont pas étroitement liées à l'eau, comme la plupart des espèces de couleuvres.

Figure 3 Carte d'état de la biodiversité des espèces d'herpétofaune qui sont étroitement liées à l'eau au Québec



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Cette carte présente les différentes aires de répartition superposées des espèces d'herpétofaune étroitement liées à l'eau du Québec. Notez la grande concentration des espèces dans le sud de la province. Les zones bleues présentent une faible biodiversité, alors que les zones rouges montrent une concentration élevée d'espèces différentes.

PRESSIONS

Plusieurs forces peuvent créer des pressions susceptibles de modifier l'état de la situation d'une espèce indigène d'amphibien ou de reptile au Québec[1,2,3,4,5,6,7,8,9,12]. Ce changement d'état se reflète dans l'évaluation du rang S de l'espèce concernée, soit l'élément à la base de l'indicateur en question ici. Ces pressions sont liées principalement à la destruction, la dégradation et la fragmentation des habitats fréquentés par ces espèces. Ces habitats font souvent partie des écosystèmes aquatiques. En diminuant le nombre et la qualité des milieux naturels humides, lacustres et fluviatiles essentiels à ces espèces, l'état de leurs populations se détériore. Leur rang S augmente en niveau de précarité, modifiant ainsi le présent indicateur. Toutefois, bien qu'elles soient dépendantes des écosystèmes aquatiques, ces espèces sont sensibles à d'autres pressions non reliées à ces milieux, comme la mortalité associée au passage des automobiles et à la machinerie agricole ou encore la collecte, la garde en captivité et le commerce illégal.

L'indicateur se calcule en intégrant les rangs S de toutes les espèces d'herpétofaune indigènes du Québec qui sont étroitement liées à l'eau, qu'elles soient actuellement désignées par la LEMV ou non. Pour les besoins de ce document, les pressions présentées sont associées aux principales espèces d'herpétofaune en situation précaire au Québec.

Pour la rainette faux-grillon de l'Ouest, l'urbanisation, par le développement résidentiel, industriel et commercial, est la cause principale de la dégradation de son habitat. On retrouve aussi l'intensification de l'agriculture, ayant mené au remblayage, au drainage, au nivellement des terres et au déboisement des milieux naturels. La modification de l'écoulement naturel de l'eau par les barrages de castor nuit au succès de reproduction de l'espèce. Les rejets de fertilisants et de pesticides dans les milieux naturels altèrent la qualité de l'eau et peuvent nuire au développement des rainettes, comme le nitrate des engrais qui est problématique pour l'éclosion des œufs et la croissance des têtards. La colonisation des plans d'eau par des espèces végétales exotiques envahissantes est problématique pour les amphibiens, parce que ces espèces peuvent assécher les milieux et amener d'autres conséquences néfastes. C'est le cas du nerprun cathartique qui produit un composé secondaire, l'émodine, qui peut accroître la gravité des malformations et le taux de mortalité des embryons lorsqu'il se retrouve dans les sites de reproduction[1].

ENCART

MÉTHODOLOGIE*

Rang de priorité de conservation

La révision des rangs de priorité pour les poissons, les moules d'eau douce et l'herpétofaune du Québec (rangs S) est un processus cyclique qui est répété environ tous les 7 ans. Il est basé sur un calcul de l'état global de la situation de chaque espèce selon les 8 critères suivants: la superficie de la zone d'occurrence (*range Extent*), la superficie de la zone d'occupation (*area of occupancy*), le nombre d'occurrences, la taille de la population, l'intégrité écologique des occurrences ou du pourcentage de l'aire d'occupation, la tendance à court terme (projection sur les 20 prochaines années), la tendance à long terme (au cours des 200 dernières années) et l'impact des menaces. Les rangs utilisés pour l'indice sont S1 (sévèrement en péril), S2 (en péril), S3 (vulnérable), S4 (largement répartie, abondante et apparemment hors de danger, mais il demeure des causes d'inquiétude à long terme) et S5 (largement répartie, abondante et stabilité démontrée).

Indice de pérennité

L'indice de pérennité (indice du changement des rangs S), calculé pour les espèces fauniques indigènes intimement liées à l'eau, intègre un impact plus sévère d'une espèce qui passe de S3 à S2, comparée à une espèce qui passe de S5 à S4. Une fonction logarithmique permet d'accorder plus d'importance aux changements pour les espèces très précaires. Ainsi, une espèce de rang S1 qui devient S2 augmente son indice de 22% tandis qu'une espèce de rang S4 qui devient S5 augmente son indice de 10%. À noter que l'indice est ajusté à une échelle de 0 à 100. Un indice élevé représente une communauté peu précaire et pérenne tandis qu'un indice faible reflète la précarité d'une communauté. Un indice de pérennité de 100 représente seulement des espèces ayant un rang S5.

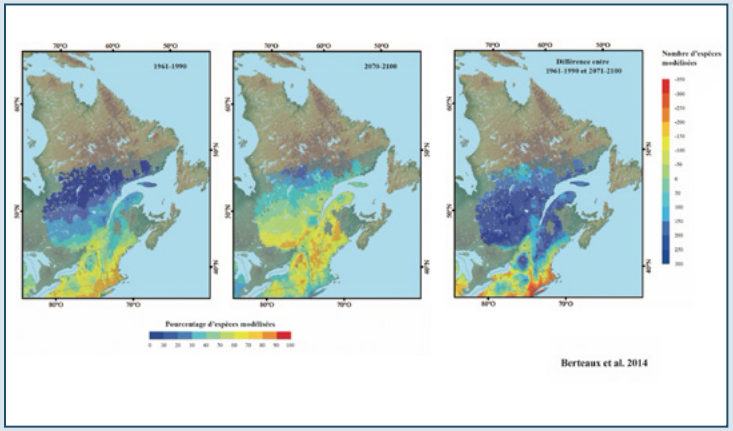
* La méthodologie est basée sur l'étude de Quayle et collab. (2007)[9]

Pour les principales espèces de tortues d'eau douce en situation précaire au Québec, à savoir la tortue mouchetée, la tortue musquée, la tortue géographique, la tortue des bois et la tortue-molle à épines, les pressions qui sont davantage susceptibles de faire modifier leur rang S sont grandement liées à la perte et à la dégradation de leurs habitats, dont la modification intensive des rives, ainsi qu'à la mortalité et aux blessures associées aux activités nautiques. La composante aquatique de ces habitats est très importante pour ces espèces. Une baisse de qualité des écosystèmes aquatiques peut se refléter rapidement dans le déclin des populations, donc la modification de leur rang S. Même la tortue des bois, soit la plus terrestre des tortues d'eau douce du Québec, demeure une tortue semi-aquatique qui s'éloigne rarement à plus de 200 m d'un cours d'eau et qui utilise le milieu aquatique à longueur d'année. Comme pour toutes les tortues, les cours d'eau qu'elle fréquente doivent demeurer limpides.

L'hiver, les tortues d'eau douce du Québec hibernent au fond de l'eau, soit directement dans le lit du cours d'eau, soit dans des terriers de rats musqués, dans des souches immergées ou encore sous une berge en saillie. Comme elles ne respirent alors que par la peau, il est essentiel que la tenure en oxygène de ces milieux aquatiques soit élevée et qu'ils soient exempts de polluants[2,3,4,5,6,7].

La contrainte physiologique imposée par la respiration cutanée de certaines salamandres de ruisseaux, dont la salamandre pourpre et la salamandre sombre des montagnes, rend ces espèces particulièrement sensibles à toute modification, détérioration et perte d'habitat aquatique. Au Québec, le développement à des fins résidentielles, récréotouristiques, minières et de production d'énergie et le captage de l'eau souterraine à des fins résidentielles, agricoles et commerciales constituent actuellement les menaces les plus importantes à la survie de ces espèces. La contamination de la nappe phréatique, le pompage des eaux à des fins commerciales et l'assèchement des sources d'eau sont particulièrement nocifs pour les salamandres, car elles ne tolèrent pas les milieux secs. L'exploitation forestière, notamment par l'intensification des coupes forestières, la pollution et la sédimentation dans les cours d'eau, ainsi que l'introduction ou l'ensemencement de poissons représentent également des menaces sérieuses pour les salamandres[8,9]. La couleuvre d'eau est inscrite sur la liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables. Il s'agit de l'espèce de couleuvre la plus étroitement associée au milieu aquatique. Excellente nageuse, elle fréquente le bord des rivières, des ruisseaux, des étangs et des lacs. Cette espèce serait également sensible à la pollution environnementale comme les résidus toxiques de pesticides et les métaux lourds, ainsi qu'à la perte et la fragmentation des habitats occasionnées par le développement industriel et résidentiel et les travaux de stabilisation des berges[12].

Figure 4 Effets potentiels sur 765 espèces modélisées des changements climatiques prévus entre 1961-1990 et 2071-2100



Berteaux et ses collègues (2014) ont modélisé les effets potentiels des changements climatiques sur 765 espèces fauniques et floristiques, en comparant la différence entre le pourcentage d'espèces répertoriées de la période 1961-1990 et la période 2070-2100 (voir les deux cartes sur la 1re ligne). Le résultat (voir la carte sur la 2e ligne) montre que, vers le nord, le nombre d'espèces augmentera alors que ce sera l'inverse vers le sud (Berteaux et collab., 2014).

FORCES

- Urbanisation[1 à 9]
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[1 à 9]
- Infrastructures de transport[1 à 9]
- Activités industrielles[1 à 9]
- Activités forestières[1 à 9]
- Activités agricoles[1 à 9]
- Gestion des barrages[1 à 9]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)[1 à 9]
- Prélèvements d'eau[8,9]
- Espèces exotiques envahissantes[1,8,9]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques entraîneront des mouvements potentiels d'aires de répartition vers le Nord de plusieurs espèces fauniques et floristiques. La figure 4 met en lumière ce constat[16]. On remarque que, dans le Sud, le nombre d'espèces serait en diminution, alors que vers le nord ce nombre augmenterait. Cette situation peut s'expliquer par le fait que certaines espèces retrouveront les températures adéquates à leur survie plus vers le nord qu'autrefois, ce qui les poussera à migrer vers le nord.

C'est le cas des tortues, pour lesquelles l'aire de répartition est affectée par les conditions climatiques. Il est estimé que, pour la majorité des espèces de tortues, l'aire de répartition devrait se déplacer vers les pôles pour que les conditions climatiques dans leurs habitats demeurent similaires à celles d'aujourd'hui[15]. Le Québec se trouve dans une région où la richesse en espèces de tortues pourrait donc augmenter à la suite du déplacement ou de l'extension d'aires de répartition vers les pôles. Les changements climatiques permettraient également aux espèces de tortues déjà présentes au Québec d'étendre leur aire de répartition au nord de leur limite actuelle.

La densité de tortues, comme celle de beaucoup d'autres espèces[13], est plus élevée dans le centre de leur répartition que près de leur limite nordique de répartition[14]. Il est donc probable que la taille des populations au Québec augmente avec les changements climatiques. Cela peut s'expliquer par une croissance accélérée, un meilleur succès de reproduction et une maturité sexuelle plus hâtive dans un environnement plus chaud[2,3,4,5,6]. Actuellement, les impacts des changements climatiques ne sont pas encore documentés comme un facteur de dégradation de l'habitat actuel de la plupart des tortues du Québec, bien que des impacts considérables soient appréhendés dans le futur. Les crues peuvent occasionner des déplacements involontaires de tortues par lessivage ou même des mortalités. Pour certaines espèces, les crues estivales plus fréquentes pourraient tuer les œufs dans les nids creusés près des rivières. Bien que les œufs soient adaptés pour survivre à des épisodes de pluies intenses avec une brève saturation du sol en eau, l'érosion causée par les crues pourrait lessiver certains œufs ou dénuder certains nids[2,3,4,5,6].

Les effets des changements climatiques qui semblent être les plus problématiques pour la rainette faux-grillon de l'Ouest sont ceux qui sont associés au cycle hydrologique. La sécheresse et le réchauffement peuvent causer un déclin des populations en réduisant le nombre et la qualité des étangs temporaires qui sont vitaux pour son développement.

IMPACTS

- Perte d'un patrimoine naturel ou archéologique québécois[11]
- Perte de l'effet de bien-être mental provenant des milieux naturels
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables[1 à 9]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[2,3,4,5,6]
- Redoux hivernaux plus fréquents
  (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)[1]
- Tempêtes plus intenses et fréquentes
  (ex.: vents, verglas)[2,3,4,5,6]
- Changements du régime hydrologique
  (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[2,3,4,5,6,7,8]
- Températures ambiantes plus élevées
  (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[1,7,8]

Au Québec, cette problématique est difficile à évaluer puisque l'espèce vit où l'hydrologie dépend en partie des activités humaines. Cependant, l'hydropériode devrait être raccourcie, en raison d'une diminution des précipitations sous forme de neige, une fonte plus rapide au printemps et des épisodes prolongés de sécheresse. Ainsi, le succès reproducteur de l'espèce devrait être à la baisse. Ces changements pourraient également entraîner un taux de mortalité plus élevé chez les têtards[1].

Les salamandres de ruisseaux seront de plus en plus affectées par les changements climatiques. Une augmentation de précipitations intenses, séparées par de plus longues périodes de sécheresse, aura comme effet d'altérer la qualité des cours d'eau fréquentés par les salamandres. Certains ruisseaux pourraient disparaître ou se retrouver avec des niveaux d'eau qui ne correspondent plus au besoin des salamandres, qui devront changer d'habitat. L'augmentation du débit et de la fréquence des crues associées aux épisodes de précipitations extrêmes risque d'accroître la mortalité des salamandres au moment de la métamorphose, en emportant les individus ou en lessivant les nids. Les habitats de reproduction et d'hivernage pourraient être détruits ou leur accessibilité compromise[7,8].

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r. 35) [2,3,4,5,6,7,8]

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Canada)

- Politique sur la conservation des terres humides

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (chapitre C-6.2) (Loi sur l'eau)
- *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (RLRQ, c. A-18.1)
  - *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État* (RLRQ, c. A-18.1, r. 0.01)
- *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (LAU) (RLRQ, c. A-19.1)
- *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMHH) (RLRQ, c. Q-2, a. 22)[1,2]
  - *Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques* (R.Q c. Q-2, r. 9.1)[1]
- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)[1,2,3,4,5,6,7,8]
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)[1,2,3,4,5,6,7,8]
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)[1,2,3,4,5,6,7 8]
- *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (RLRQ, c. E-12.01)[1,2,3,4,5,6,7,8]
  - *Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats* (REFMVH) (RLRQ, c. E-12.01, r. 2)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)[1,2,3,4,5,6,7,8]

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les espèces en péril du Canada* (LEP) (L.C. 2002, ch. 29)[1,2,3,4,5,6,7,8]
- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)[2,3,4,5,6]

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)
- Plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF)
- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de la production des Plans régionaux des milieux humides et hydriques
- Financement de projets de restauration et d'aménagement d'habitats
- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert

AUTRES

- Campagnes d'éradication d'espèces exotiques envahissantes
- Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ)[1,2,3,4,5,6,7,8]
- Réseaux de suivi

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Element Occurrence Data Standard[17]
  https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard
- Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes[18]
  https://www.editionsmichelquintin.ca/produit/1298-amphibiens-et-reptiles-du-quebec-et-des-maritimes-souple-.html
- Turtles of the United States and Canada[14]
  https://jhupbooks.press.jhu.edu/title/turtles-united-states-and-canada
- Frogs of the United States and Canada[19]
  https://jhupbooks.press.jhu.edu/title/frogs-united-states-and-canada-2-vol-set
- Changements climatiques et biodiversité du Québec: vers un nouveau patrimoine nature[16]
  http://cc-bio.uqar.ca/images/extrait.pdf

RÉFÉRENCES

1. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE LA RAINETTE FAUX-GRILLON DE L'OUEST DU QUÉBEC** (2019). *Plan de rétablissement de la rainette faux-grillon de l'Ouest (Pseudacris triseriata), 2019-2029*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 65 p., [En ligne], https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/PL_retablissement_Rainette_faux_grillon_2019-2029.pdf.
2. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2019). *Plan de rétablissement de la tortue des bois (*Glyptemys insculpta*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 57 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/plan_retablissement_tortue-des-bois_2020-2030.pdf.
3. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2020). *Plan de rétablissement de la tortue mouchetée (*Emydoidea blandingii*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 52 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/especes/plan_retablissement_tortue-mouchetee_2020-2030.pdf.
4. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2020). *Plan de rétablissement de la tortue géographique (*Graptemys geographica*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 60 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/especes/plan_retablissement_tortue-geographique_2020-2030.pdf.
5. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la tortue musquée (*Sternotherus odoratus*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.
6. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2020). *Plan de rétablissement de la tortue-molle à épines (*Apalone spinifera*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 51 p., https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/plan_retablissement_tortue-molle-a-epines_2020-2030.pdf.
7. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES SALAMANDRES DE RUISSEAUX DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la salamandre sombre des montagnes (*Desmognathus ochrophaeus*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.
8. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES SALAMANDRES DE RUISSEAUX DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la salamandre pourpre (*Gyrinophilus porphyriticus*) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.
9. **QUAYLE, JAMES F., LEAH R. RAMSAY ET DAVID F. FRASER** (2007). « Trend in the Status of Breeding Bird Fauna in British Columbia, Canada, Based on the IUCN Red List Index Method », *Conservation Biology*, vol. 21, nº 5, p. 1241-1247.
10. **NATURESERVE**, 2019. « An Online Encyclopedia of Life », dans le site de *NatureServe Explorer*, [En ligne], http://www.natureserve.org/explorer/ (page consultée le 20 septembre 2019).
11. **BEAULIEU, HÉLÈNE** (1992). *Liste des espèces de la faune vertébrée susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, ISBN 2-550-27104-1, 107 p.
12. **MFFP** (2001). « Couleuvre d'eau », dans le site du MFFP de la Liste des espèces désignées comme menacées ou vulnérables au Québec, [En ligne], https://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=70 (page consultée le 23 septembre 2019).
13. **JAREMA, S. I., J. SAMSON, B. J. MCGILL ET M. M. HUMPHRIES** (2009). « Variation in abundance across a species' range predicts climate change responses in the range interior will exceed those at the edge: a case study with North American beaver », *Global Change Biology*, 15(2): 508-522.
14. **ERNST, C. H., ET J. E. LOVICH** (2009). *Turtles of the United States and Canada*, 2nd Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, 827 p.
15. **IHLOW, F., J. DAMBACH, J. O. ENGLER, M. FLECKS, T. HARTMANN, S. NEKUM, H. RAJAEI ET D. RÖDDER** (2012). « On the brink of extinction? How climate change may affect global chelonian species richness and distribution », *Global Change Biology*, 18(5): 1520-1530.
16. **BERTEAUX, D., N. CASAJUS ET S. DE BLOIS** (2014). *Changements climatiques et biodiversité du Québec: vers un nouveau patrimoine naturel*, Presses de l'Université du Québec, Québec, 202 p.
17. **NATURESERVE** (2002). *Element Occurrence Data Standard*. NatureServe et Network of Natural Heritage - Programs and Conservation Data Centers, 201 p., [En ligne], https://www.natureserve.org/conservation-tools/element-occurrence-data-standard
18. **RODRIGUE, D., ET J.-F. DESROCHES** (2018). Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes, édition revue et augmentée, Éditions Michel Quintin, Montréal (Québec), 375 p. , [En ligne], https://www.editionsmichelquintin.ca/produit/1298-amphibiens-et-reptiles-du-quebec-et-des-maritimes-souple-.html.
19. **DODD, C. K.** (2013). Frogs of the United States and Canada, 2 vol. set (Vol. 1), JHU Press., [En ligne], https://jhupbooks.press.jhu.edu/title/frogs-united-states-and-canada-2-vol-set.

Sites potentiels de baignade du fleuve

ÉTAT

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien

L'état global des seize sites potentiels de baignade pour les années 2017 à 2019 est intermédiaire. Près de 65 % des sites présentent un potentiel de baignade bon ou très bon (SBP). Cela signifie que la baignade est possible pour chacun de ces sites au moins 70 % du temps et que le site affiche une cote médiane annuelle de A, B ou C[3].

Sur les seize sites, près de la moitié (44 %) sont considérés comme des sites de qualité (PSQ) en présentant une cote de qualité excellente ou bonne (cote A ou B; concentration d'*E. coli* égale ou inférieure à 100 UFC/100 ml) pour l'intervalle 2017-2019. Pour tous les sites confondus, 64 % des jours suivis étaient baignables (PJB; concentration d'*E. coli* inférieure ou égale au critère de qualité de 200 UFC/100 ml).

La qualité est variable selon les sites étudiés (figure 1). La figure 2 présente la répartition des cotes de qualité et la valeur de quatre indicateurs en fonction de quatre tronçons:

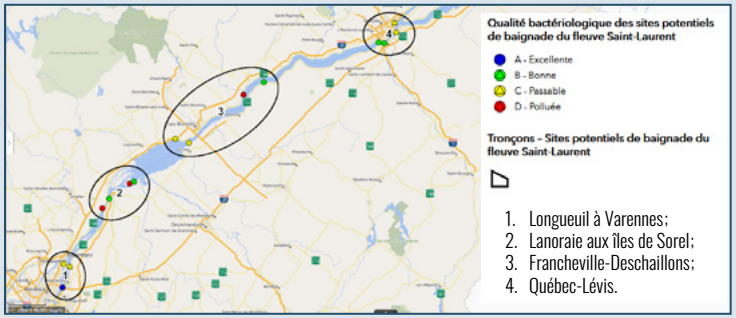
1. Longueuil à Varennes (en amont de l'effluent d'eaux usées de Montréal, influences potentiellement locales);
2. Lanoraie aux îles de Sorel (potentiellement sous l'influence de l'effluent d'eaux usées de Montréal et d'autres sources locales);
3. Francheville-Deschaillons (influences potentiellement locales);
4. Québec-Lévis (influences potentiellement locales).

La qualité bactériologique se dégrade immédiatement en aval de l'agglomération de Montréal. Le pourcentage de sites de qualité, le pourcentage de jours baignables ainsi que le nombre de sites de bon potentiel diminuent, bien que le pourcentage de temps sec demeure similaire à celui du tronçon amont. Ce constat est appuyé par la distribution des cotes de qualité démontrant une plus grande proportion (58 %) de cotes de mauvaise qualité (cote D) pour ce tronçon.

DESCRIPTION

La qualité bactériologique des sites potentiels de baignade du fleuve Saint-Laurent[10] est évaluée en utilisant les concentrations d'*E. coli* (UFC/100 ml)[2] dans l'eau. L'indicateur évalue l'état de seize sites sentinelles[10] en eau douce visités dix fois chaque année de 2003 à 2009 et de 2017 à 2019. Les cotes de qualité sont attribuées par année ou groupe d'années pour chaque site en utilisant le système de classification suivant: cote A (excellente qualité): 0 à 20 UFC/100 ml; cote B (bonne qualité): 21 à 100 UFC/100 ml; cote C (qualité passable): 101 à 200 UFC/100 ml; cote D (mauvaise qualité): plus de 200 UFC/100 ml[3,8,33]. L'état global de l'indicateur est déterminé par le pourcentage de sites dont le potentiel de baignade[3] est bon ou très bon, soit: 80 % et plus: bon; 67 % à 79 %: intermédiaire-bon; 50 % à 66 %: intermédiaire; 20 % à 49 %: intermédiaire-mauvais; moins de 20 %: mauvais.

Figure 1 Cote de qualité bactériologique de l'eau en rive du fleuve Saint-Laurent, 2017-2019



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Cote de qualité bactériologique 2017-2019 pour les seize sites potentiels de baignade, ainsi que les quatre tronçons auxquels appartiennent les sites d'étude.

Rédigée par: **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

La qualité demeure variable entre Francheville et Deschaillons selon le site et tend à s'améliorer vers Québec-Lévis. Toutefois, le pourcentage de temps sec était plus élevé au moment de l'échantillonnage pour le tronçon de Québec-Lévis, ce qui pourrait expliquer en partie l'amélioration notée.

L'état des sites potentiels de baignade du fleuve varie d'intermédiaire-mauvais à intermédiaire-bon selon l'année du suivi (figure 3). Les différents indicateurs de qualité présentent également une variabilité importante entre les années de suivi (figure 4).

Afin de réduire l'effet de la variabilité interannuelle, la tendance a été évaluée en regroupant les blocs d'années 2007 à 2009, ainsi que 2017 à 2019. La tendance globale entre ces deux blocs est au maintien de l'état intermédiaire. Bien que l'état soit le même, l'intervalle 2017-2019 présente un plus grand pourcentage de sites de qualité, de jours baignables et de sites de bon potentiel.

La variabilité interannuelle dans la qualité bactériologique de l'eau est en partie expliquée par la présence de temps sec ou pluvieux. Les années caractérisées par un plus grand pourcentage d'échantillonnages réalisés en période de temps sec présentent un pourcentage significativement ($p < 0,05$) plus grand de sites de qualité ($r^2 = 42\,\%$), de jours baignables ($r^2 = 59\%$) et de sites à bon potentiel ($r^2 = 75\,\%$). Pour ce qui est de la tendance, le pourcentage de temps sec est plus élevé en 2017-2019 par rapport à 2007-2009, ce qui pourrait expliquer la légère amélioration notée étant donné des conditions similaires en matière de pressions anthropiques pour cette période.

PRESSIONS

La qualité bactériologique de l'eau est influencée par plusieurs facteurs liés aux activités anthropiques. En milieu urbain, le rejet d'eaux usées non désinfectées, la présence de mauvais raccordements de réseaux d'égouts ainsi que les débordements d'égouts survenant par temps de pluie constituent d'importantes sources de microorganismes pathogènes, comme les *E. coli*, vers les cours d'eau[1,3,8,14,15,16,24]. En milieu agricole, une contamination bactériologique des eaux de surface est aussi observée. Elle est notamment associée à un mauvais entreposage des déjections animales ou à des pratiques culturales et d'épandage favorisant le ruissellement des coliformes fécaux vers les milieux aquatiques adjacents[1,7,15,16].

Figure 2A Distribution des cotes de qualité par tronçon pour 2017-2019

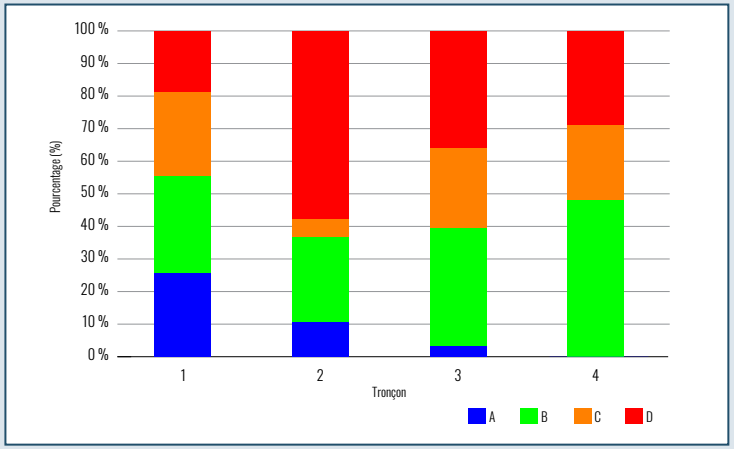
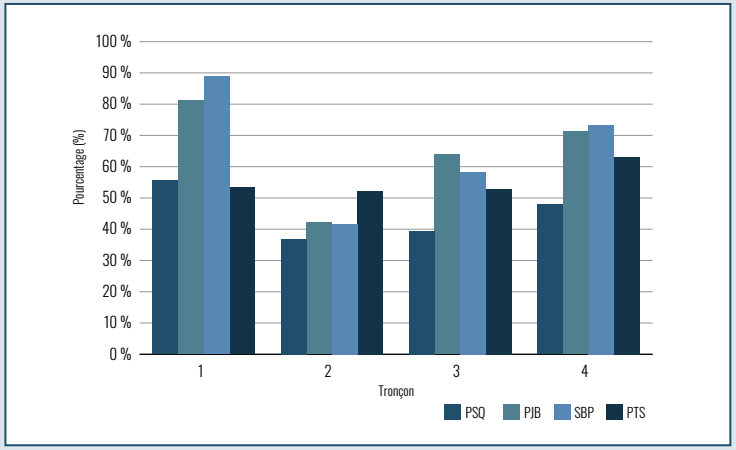


Figure 2B Distribution des indicateurs de qualité par tronçon pour 2017-2019



Les indicateurs de qualité sont le pourcentage des sites de qualité (PSQ), des jours baignables (PJB), des sites à bon potentiel (SBP) et du temps sec (PTS). Le PSQ réfère au pourcentage de sites (sur 16), qui présente une qualité bactériologique excellente ou bonne (cote A ou B). Le PJB est le pourcentage de jours, sur un maximum de 480 (16 sites × 10 visites × 3 ans), pour lequel le critère de qualité lié à la baignade est respecté. Le pourcentage des SBP est celui des sites dont le potentiel est très bon et bon[3]. Le PTS représente le pourcentage de visites effectuées lorsque les précipitations le jour, la veille et l'avant-veille de l'échantillonnage sont inférieures à 5 mm.

La dégradation de la qualité de l'eau des sites du tronçon situé immédiatement en aval de l'agglomération de Montréal est principalement attribuable aux rejets provenant des stations d'épuration de Montréal, de Longueuil et de Repentigny, qui traitent, mais ne désinfectent pas leurs eaux usées avant de les rejeter dans le fleuve. Cet effet diminue progressivement en se dirigeant vers l'aval.

La qualité interannuelle de l'eau des sites étudiés s'améliore aussi en fonction du pourcentage de temps sec. Il en est de même pour la tendance: le pourcentage de temps sec plus élevé en 2017-2019 pourrait expliquer la légère amélioration notée par rapport à 2007-2009, étant donné que la situation a peu évolué pour les eaux non désinfectées du secteur de Montréal. Ces observations sont conformes avec celles de précédentes études effectuées à l'échelle du Québec[3,5,6,17] et ailleurs dans le monde[18,19,20] démontrant l'effet des précipitations sur les débordements d'eaux usées et la dégradation de la qualité bactériologique des milieux aquatiques.

Bien que le temps sec explique une grande proportion de la variabilité interannuelle des indicateurs de qualité, d'autres facteurs propres à chaque site peuvent expliquer les changements notés. Par exemple, il a été observé[21] que les sédiments provenant de surverses et se déposant dans les estuaires peuvent demeurer contaminés (*E. coli*) plus de sept jours après l'épisode de pluie. Au lac Michigan, la contamination d'un site de baignade a été expliquée par un apport diffus d'*E. coli* persistant dans les sédiments submergés et riverains d'un cours d'eau se déversant à proximité[23]. En parallèle, Santé Canada[2] suggère que le sable des plages peut fournir un milieu propice de développement des microorganismes d'origine fécale susceptibles de contaminer les eaux adjacentes. En outre, le brassage des sédiments bordant les plages par l'effet des vagues, des marées ou lors de fortes densités de baigneurs pourrait diminuer localement la qualité bactériologique. C'est ce qui a été soupçonné pour deux des sites suivis dans le présent rapport qui avaient été étudiés plus en détail au début des années 2000[5,6].

Enfin, la présence de faune comme les animaux domestiques ou les colonies d'oiseaux, parfois attirés aux sites de baignade par les activités humaines, constitue une autre source de contamination par le biais de leurs déjections qui parviennent aux milieux aquatiques adjacents[1,2,22]. La présence d'animaux ou de déjections a été notée sur plusieurs des sites suivis et pourrait contribuer à expliquer certaines variations locales.

FORCES

- Urbanisation
- Eaux usées (municipales, résidentielles)[1,3,5,6,8,9,15,16,24]
- Activités agricoles[1,7,15,16]
- Villégiature (navigation de plaisance, site de camping, etc.)
- Faune naturelle (colonies d'oiseaux) et animaux de compagnie[1,2,22]
- Activités de baignade (brassage du sable en rive par une forte densité de baigneurs, etc.)[2,5]

IMPACTS

- Problèmes de santé à la suite de la consommation de faune ou flore aquatique[1]
- Problèmes d'approvisionnement pour les activités agricoles[1]
- Contamination de l'eau potable utilisée et problèmes de santé en découlant[1,27,28]
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)[1,2,3,8,9]
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques[1,13]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Pluies abondantes plus fréquentes et plus intenses[12,26,27,28,29,32]
- Tempêtes plus intenses et fréquentes (ex.: vents, verglas)[2]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[12,14,25,26]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[12,26,27,29,30]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques devraient entraîner une modification du régime hydrique du fleuve en raison de leurs effets sur les précipitations, le couvert nival et les températures[25,26].

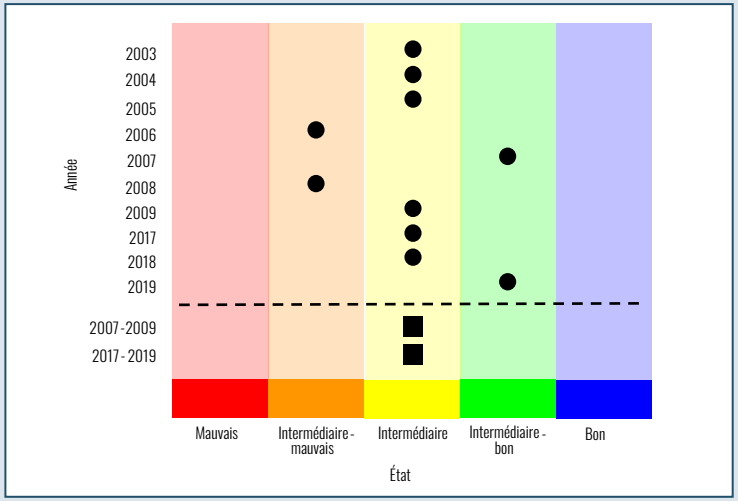
En particulier, plusieurs études suggèrent une augmentation de l'intensité et du nombre d'épisodes extrêmes de pluie[12,29,32]. Il est déjà démontré que les précipitations peuvent générer des débordements d'eaux usées et contribuer à la dégradation de la qualité bactériologique des milieux aquatiques[3,5,6,17,18,19,20]. Par conséquent, une augmentation de leur intensité et de leur nombre pourrait contribuer à une détérioration de la qualité bactériologique future. Une étude canadienne[27] et une seconde américaine[28] ont établi un lien significatif entre l'intensité des précipitations et les épidémies de maladies d'origine hydrique. Les auteurs entrevoient une hausse des cas recensés en situation de changements climatiques. Bien que ces études aient mis l'accent sur la consommation d'eau potable, elles mettent en relief l'effet des pluies sur la contamination des sources d'eau, dont les eaux de surface pouvant également être utilisées à des fins de baignade.

Dans sa revue de littérature, Fortier (2013)[14] constate une tendance vers une augmentation de la fréquence des débordements de réseaux unitaires, bien que cette dernière soit très variable d'une étude à l'autre (de 8,8% à 120%). Elle se penche également sur l'effet potentiel des changements climatiques sur les débordements de réseaux unitaires au Québec. Elle prédit que le nombre de débordements évoluerait peu sur une échelle annuelle, mais que la durée totale moyenne des débordements augmenterait de 4,2%. Une diminution de la fréquence et de la durée des débordements en juillet et août, mais une hausse pour les mois de mai et d'octobre serait aussi observée.

Une réduction des débordements d'eaux usées pendant la période estivale, où les sites potentiels de baignade sont les plus fréquentés, pourrait diminuer les risques pour la santé. En revanche, un étiage plus sévère pendant les mois d'été[12,25] pourrait réduire la dilution des rejets non traités parvenant aux sites de baignade. Une redistribution des panaches bactériens due aux modulations du régime hydrique[12] pourrait également modifier le risque entre les différents secteurs.

Selon Ouranos[26], les changements climatiques pourraient aussi conduire à une augmentation des températures de l'air de 2 à 4 degrés pour la période 2041-2070 et de 4 à 7 degrés pour la période 2071-2100. Au Québec, une tendance au réchauffement des températures est déjà observée, l'année 2019 étant la 22e année consécutive avec une température moyenne

Figure 3 Évolution de l'état global des sites potentiels de baignade en rive du fleuve Saint-Laurent entre 2003 et 2019



État global des sites potentiels de baignade pour chaque année de suivi, ainsi que pour les intervalles 2007 à 2009 et 2017 à 2019.

RÉPONSES

COMMISSIONS, ENTENTES ET POLITIQUES (Québec)

- Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables[7]

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)
  - *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* (R.Q. c. Q-2, r. 22)[1]
  - *Règlement sur les exploitations agricoles* (R.Q c. Q-2, r. 26) (REA), 2002[1]
  - *Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées* (R.Q. c. Q-2, r. 34.1)
  - *Règlement sur la protection des eaux contre les rejets des embarcations de plaisance* (R.Q. c. Q-2, r. 36)
  - *Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole* (RRPOA) (n'est plus en vigueur)[1]

au-delà de la normale du xx[e] siècle au Québec[30]. Charron et coll. (2005)[27] ont noté un lien entre la hausse des températures maximales et l'occurrence d'épidémies de maladies d'origine hydrique liées à l'eau potable. Étant donné la propension des *E. coli* à mieux survivre dans des environnements plus chauds[31], il serait pertinent de s'interroger sur l'effet des hausses de températures prédites sur une possible augmentation du risque de contamination des sites de baignade. De plus, des températures plus chaudes pourraient favoriser une fréquentation accrue des sites de baignade par les usagers, augmentant le risque d'exposition, de même que la remise en suspension des *E. coli* par le brassage de sédiments potentiellement contaminés[2,5].

RÉPONSES (SUITE)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan d'action Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent)[1,8,9]
- Plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF)
- Programme d'assainissement des eaux du Québec, 1978 [8]
- Programme Environnement-Plage[11]
- Stratégie de développement durable de l'aquaculture en eau douce au Québec (STRADDAQ)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Canada)

- Stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents d'eaux usées municipales [24]

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA) et Prime-Vert
- Programmes d'aide financière consacrés aux infrastructures municipales
  - Fonds pour l'infrastructure municipale d'eau (FIMEAU)
  - Programme d'infrastructures municipales d'eau (PRIMEAU)

AUTRES

- Accompagnement des MRC et municipalités
- Avis de santé publique[2]
- Campagne de sensibilisation[2]
- Développement et mise à jour de la cartographie
- Modélisation[5,6,17]
- Rapports et publications de sensibilisation [2,4,8,9]
- Recherche gouvernementale[2]
- Réseaux de suivi[2,3,8,9,10]

Figure 4A Évolution des indicateurs de qualité des sites potentiels de baignade entre 2003 et 2019

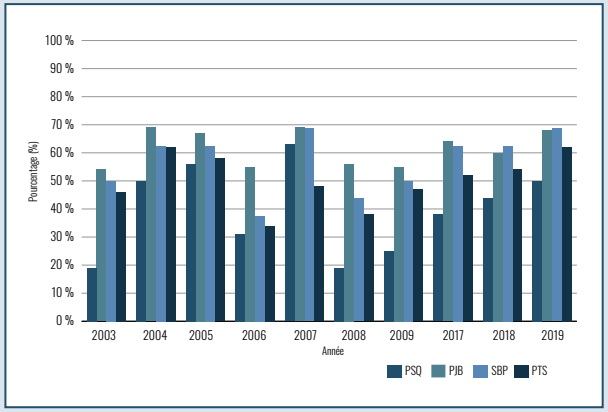
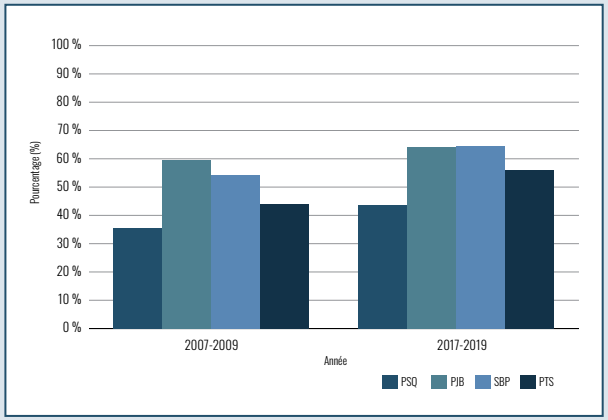


Figure 4B Évolution des indicateurs de qualité des sites potentiels de baignade pour les intervalles d'années 2007 à 2009 et 2017 à 2019



Les indicateurs de qualité sont le pourcentage des sites de qualité (PSQ), des jours baignables (PJB), des sites à bon potentiel (SBP) et du temps sec (PTS). Le PSQ réfère au pourcentage de sites (sur 16), qui présente une qualité bactériologique excellente ou bonne (cote A ou B). Le PJB est le pourcentage de jours, sur un maximum de 480 (16 sites × 10 visites × 3 ans), pour lequel le critère de qualité lié à la baignade est respecté. Le pourcentage des SBP est celui des sites dont le potentiel est très bon et bon[3]. Le PTS représente le pourcentage de visites effectuées lorsque les précipitations le jour, la veille et l'avant-veille de l'échantillonnage sont inférieures à 5 mm.

RÉFÉRENCES

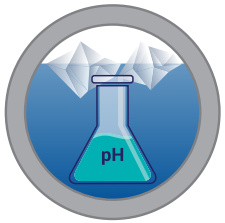
1. **PATOINE, MICHEL, ET FRANÇOIS D'AUTEUIL-POTVIN** (2015). *Contamination bactériologique des petits cours d'eau en milieu agricole: état et tendances*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-72699-9, 39 p. et 8 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/Rapport_agricole.pdf.
2. **SANTÉ CANADA** (2012). *Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada*, troisième édition, Ottawa (Ontario), Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, numéro de catalogue H129-15/2012F, 171 p. et 6 annexes, [En ligne], https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-recreational-recreative-eau/alt/pdf/water-recreational-recreative-eau-fra.pdf.
3. **HÉBERT, S.** (2010). *Qualité bactériologique de sites potentiels de baignade, été 2009*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 8 p., [En ligne], http://environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/stlaurent/Plages2009.pdf.
4. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « Qualité bactériologique de l'eau en rive », *Le fleuve Saint-Laurent*, publications du Ministère, dans le site Environnement et Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/stlaurent/#bacteriologique (page consultée le 25 juillet 2019).
5. **HÉBERT, SERGE, ET JEAN LACOURSIÈRE** (2004). *Modélisation de la qualité bactériologique d'un site potentiel de baignade à la baie de Beauport, Québec*, Québec, ministère de l'Environnement, Envirodoq: ENV/2004/0141, 10 p., [En ligne), http://environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/baie_beauport/2003/Rapport.pdf.
6. **ZIP DE QUÉBEC ET CHAUDIÈRE-APPALACHES** (2006). *Potentiel de baignade à l'anse Tibbits à Lévis*, ZIP de Québec et Chaudière-Appalaches, Québec, ISBN: 978-2-922283-17-8, 33 p.
7. **SULLIVAN, TIMOTHY, JAMES A. MOORE, DAVID R. THOMAS, ERIC MALLERY, KAI U. SNYDER, MARK WUSTENBERG, JUDITH WUSTENBERG, SAM D. MACKEY ET DEIAN L. MOORE** (2007). « Efficacy of Vegetated Buffers in Preventing Transport of Fecal Coliform Bacteria from Pasturelands », *Environmental Management*, vol. 40, p. 958-965.
8. **HÉBERT, SERGE** (2006). *La salubrité des sites potentiels de baignade en eau douce*, 2e édition, Québec, Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, représentée par la ministre de l'Environnement et Changement climatique Canada et Gouvernement du Québec, 4 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/site_documents/documents/PDFs_accessibles/salubrite_baignade_2006_f_FINAL_v1.0.pdf.
9. **COMITÉ DE CONCERTATION SUIVI DE L'ÉTAT DU SAINT-LAURENT** (2008). *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2008*, Plan Saint-Laurent, Environnement Canada, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Pêches et Océans Canada et Stratégies Saint-Laurent, ISBN 978-0-662-04763-6, 28 p. [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/portrait/portrait_global_2008_f.pdf.
10. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « Suivi de la qualité bactériologique de l'eau le long des rives du fleuve Saint-Laurent », dans le site du ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/suivi_mil-aqua/eau_stlaurent-rive.htm (page consultée le 2 août 2019).
11. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). « Programme Environnement-Plage », dans le site du ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/env-plage/ (page consultée le 2 août 2019).
12. **ROUSSEAU, ALAIN, ALAIN MAILHOT, MICHEL SLIVITZKY, JEAN-PIERRE VILLENEUVE, MANUEL J. RODRIGUEZ ET ALAIN BOURQUE** (2004). « Usages et approvisionnement en eau dans le sud du Québec », *Canadian Water Resources Journal*, vol. 29, no 2, p. 121-134.
13. **MÉNARD, LUCIE, RÉGINA ESCARNÉ, DAVID J. MARCOGLIESE, DANIEL CYR, MICHEL FOURNIER ET FRANÇOIS GAGNÉ** (2010). « The Impacts of Urban Pollution on the Immune System of Spottail Shiners in the St. Lawrence River », *Fresenius Environmental Bulletin*, vol. 19, no 7, p. 1369-1374.
14. **FORTIER, CLAUDINE** (2013). *Impact des changements climatiques sur les débordements des réseaux d'égouts unitaires*, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique – Centre Eau Terre Environnement. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de maîtrise en sciences de l'eau, 125 p. et 6 annexes.
15. **PATOINE, MICHEL** (2011). « Influence de la densité animale sur la concentration des coliformes fécaux dans les cours d'eau du Québec méridional, Canada », *Revue des sciences de l'eau*, vol. 24, no 4, p. 421-435.
16. **GARCIA-ARMINSEN, T., ET P. SERVAIS** (2007). « Respective contributions of point and non-point sources of *E. coli* and enterococci in a large urbanised watershed (the Seine river, France) », *Journal of Environmental Management*, vol. 82, p. 512-518.
17. **ZIP DE QUÉBEC ET CHAUDIÈRE-APPALACHES** (2005). *Potentiel de baignade plage Jacques-Cartier – Modélisation de la qualité des eaux*, ZIP de Québec et Chaudière-Appalaches, Québec, ISBN: 2-922283-09-7, 26 p.

RÉFÉRENCES (SUITE)

18. **SHAH, VIKASKUMAR G., R. HUGH DUNSTAN, PHILLIP M. GEARY, PETER COOMBES, TIMOTHY K. ROBERTS ET TONY ROTHKIRCH** (2007). « Comparisons of water quality parameters from diverse catchments during dry periods and following rain events », *Water Research*, vol. 41, p. 3655-3666.
19. **SHEHANE, S.D., V.J. HARWOOD, J.E. WHITLOCK ET J.B. ROSE** (2005). « The influence of rainfall on the incidence of microbial faecal indicators and the dominant sources of faecal pollution in a Florida river », *Journal of Applied Microbiology*, vol. 98, p. 1127-1136.
20. **RECHENBURG, A., CH. KOCH, TH. CLABEN ET TH. KISTEMANN** (2006). « Impact of sewage treatment plants and combined sewer overflow basins on the microbiological quality of surface water », *Water Science & Technology*, vol. 54, p. 95-99.
21. **HUEIWANG, C. JENG, ANDREW J. ENGLAND ET HENRY B. BRADFORD** (2005). « Indicator organisms associated with stormwater suspended particles and estuarine sediment », *Journal of Environmental Science and Health*, vol. 40, p. 779-791.
22. **WITHER, A., M. REHFISCH ET G. AUSTIN** (2005). « The impact of bird populations on the microbiological quality of bathing waters », *Water Science & Technology*, vol. 51, nos 3-4, p. 199-207.
23. **BYAPPANAHALLI, MURULEEDHARA, MELANIE FOWLER, DAWN SHIVELY ET RICHARD WHITMAN** (2003). « Ubiquity and persistence of *Escherichia coli* in a midwestern coastal stream », *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 69, no 8, p. 4549-4555.
24. **CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT** (2009). *Stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents d'eaux usées municipales*, Whitehorse, Conseil des ministres du CCME, 17 p., [En ligne], https://www.ccme.ca/files/Resources/fr_water/fr_mwwe/cda_wide_strategy_mwwe_final_f.pdf.
25. **CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC** (CEHQ) (2015). *Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050*, Gouvernement du Québec, Québec, ISBN: 978-2-550-72996-9, 81 p.
26. **OURANOS** (2015). *Sommaire de la synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, édition 2015, Montréal, Québec, Ouranos, 13 p., [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseSommaire.pdf.
27. **CHARRON, D.F., T. EDGE, M.D. FLEURY, W. GALATIANOS, D. GILLIS, R. KENT, A.R. MAAROUF, C. NEUDOERFFER, C.J. SCHUSTER, M.K. THOMAS, J. VALCOURT ET D. WALTNER-TOEWS** (2005). *Links between climate, water and waterborne illness, and projected impacts of climate change*, Health Canada, HPRP File no 6795-15-2001/4400016c, 104 p. et 14 annexes, [En ligne], https://pdfs.semanticscholar.org/0564/d5132887e2407db6f9ace577adcfedfc7e0d.pdf?_ga=2.230472027.6931242 7.1573153143-719607993.1573153143.
28. **CURRIERO, FRANK C., JONATHAN A. PATZ, JOAN B. ROSE ET SUBHASH LELE** (2001). « The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994 », *American Journal of Public Health*, vol. 91, no 8, p. 1194-1199.
29. **EASTERLING, D.R., J.L. EVANS, P. YA GROISMAN, T.R. KARL, K.E. KUNKEL ET P. AMBENJE** (2000). « Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 81, p. 417-425.
30. **ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2020). « Décembre 2019: le temps des Fêtes réchauffe la 22e année consécutive au-delà de la température normale du 20e siècle », dans le site ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2019/decembre.htm (page consultée le 28 avril 2020).
31. **GOUVERNEMENT DU CANADA** (2019-06-14). « Escherichia coli dans l'eau potable », dans le site Gouvernement du Canada, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/sante-canada/programmes/consultation-e-coli-eau-potable/document.html (page consultée le 2019-11-08).
32. **WESTRA, S., H.J. FOWLER, J.P. EVANS, L.V. ALEXANDER, P. BERG, F. JONHSON, E.J. KENDON, G. LENDERINK ET N.M. ROBERTS** (2014). « Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall », *Review of Geophysics*, vol. 52, p. 522-555.
33. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). *Guide d'application du programme Environnement-Plage*, Gouvernement du Québec, Québec, 23 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/env-plage/Guide-application.pdf.

MILIEUX NORDIQUES

- Alcalinité des milieux aquatiques dans le Nord québécois
- Communautés de diatomées dans le Nord québécois
- Communautés de macroinvertébrés benthiques dans le Nord québécois
- Taux de mortalité et reproduction de populations d'omble chevalier anadrome dans le Nord québécois



Alcalinité des milieux aquatiques dans le Nord québécois

INDICATEUR DE RÉFÉRENCE

La caractérisation de l'alcalinité des écosystèmes aquatiques nordiques a été rendue possible grâce aux investissements et aux travaux d'acquisition de connaissance découlant du Plan Nord. L'objectif principal de ces travaux est de produire un portrait général de l'état actuel des écosystèmes aquatiques. Même si l'on ne peut tirer de tendances temporelles des résultats de ces caractérisations, on peut néanmoins dresser un portrait de la distribution spatiale de différents aspects qui caractérisent les écosystèmes aquatiques. Les milieux visités sont tous considérés comme naturels. Les valeurs d'alcalinité correspondent donc à l'état de référence inaltéré de ces milieux. Parmi les processus impliqués, la dissolution des carbonates présents dans les formations rocheuses et les sols constituant le bassin versant est l'un des plus importants. Les formations sédimentaires, et en particulier les carbonates, contribuent fortement à augmenter l'alcalinité de l'eau des écosystèmes aquatiques. De manière générale, on constate que l'alcalinité de l'eau des écosystèmes aquatiques situés au Nunavik est généralement très faible. On observe que globalement 68 % des plans d'eau échantillonnés ont une valeur inférieure au critère élevé de sensibilité à l'acidification du MELCC, qui est de 200 ueq/l[1]. À l'opposé, seulement 15 % des plans d'eau montrent une sensibilité faible à l'acidification.

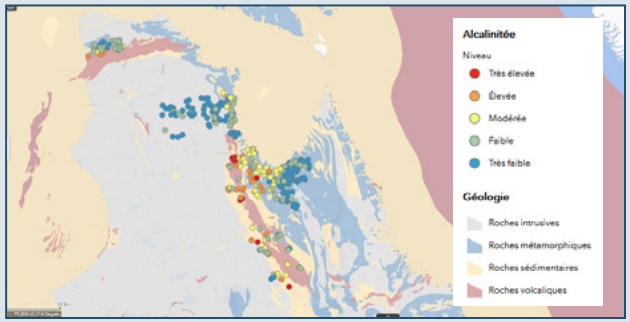
DESCRIPTION

L'alcalinité permet d'évaluer la capacité de l'eau à tamponner les acides. C'est ainsi un indicateur de sensibilité des écosystèmes aquatiques aux apports acides. Elle permet de tamponner les apports acides exogènes comme ceux qui sont issus d'activités anthropiques telles que l'exploitation minière ayant cours dans le bassin versant ou certaines activités industrielles émettant des rejets atmosphériques. L'alcalinité contribue aussi, en stabilisant le pH, à diminuer la toxicité de certains métaux lourds pouvant être présents dans les écosystèmes aquatiques[2].

Rédigée par : **Direction des connaissances écologiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Les rivières ont de manière générale des valeurs d'alcalinité plus élevées que les lacs dans les secteurs étudiés. La valeur médiane des rivières est de 180 ueq/l alors que, pour les lacs, cette valeur n'est que de 82 ueq/l. Par rapport au critère de sensibilité élevé du MELCC, ce sont 77 % et 54 % des lacs et des rivières respectivement qui sont dans cette situation. Les valeurs plus élevées d'alcalinité se retrouvent toutes au sein des formations sédimentaires et volcaniques, correspondant principalement aux fosses du Labrador et de l'Ungava, c'est-à-dire les zones en rouge sur la figure 1. C'est, à l'inverse, au sein des formations de roche intrusive que l'on mesure les valeurs d'alcalinité les plus faibles. Par exemple, pour les lacs situés dans ces contextes rocheux, la valeur médiane n'est que de 59 ueq/l, une valeur très faible indiquant une sensibilité très élevée aux apports acides. Il est important de souligner que le Nunavik est en grande majorité constitué de formations rocheuses d'origine intrusive. Dans ce contexte, ce sont 96 % des lacs qui montrent une sensibilité élevée à l'acidification et 97 % des rivières.

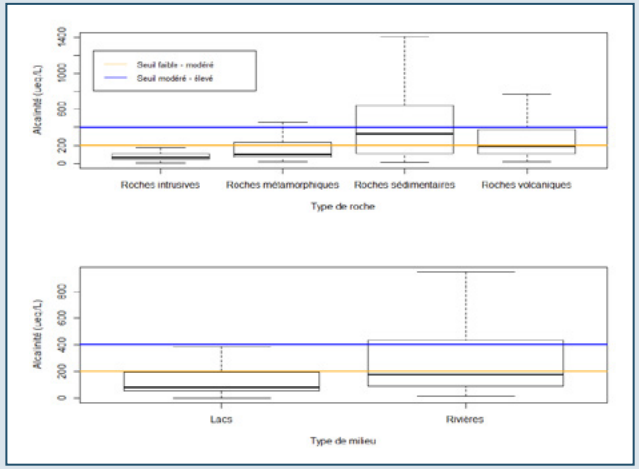
Figure 1 Alcalinité des milieux aquatiques du Nunavik et types de formations rocheuses



Source: Gouvernement du Québec, 2020

La nature du socle rocheux qui constitue le bassin versant d'un écosystème aquatique (figure 1) est l'un des principaux facteurs déterminant l'alcalinité de l'eau. Les valeurs plus élevées d'alcalinité se retrouvent au sein des formations géologiques qui y sont favorables, soit les formations d'origine sédimentaire ou volcanique. À l'autre extrême, on mesure des valeurs très faibles d'alcalinité pour les écosystèmes aquatiques situés sur les formations intrusives. Sur la figure 1, on observe que les valeurs plus élevées d'alcalinité sont presque exclusivement situées au sein des formations sédimentaires ou volcaniques.

Figure 2 Sensibilité des milieux aquatiques à l'acidification



Si les valeurs d'alcalinité sont généralement plus élevées au sein des formations sédimentaires (figure 2), elles sont aussi très variables. Ce sont surtout les carbonates des roches sédimentaires qui exercent une influence majeure sur l'alcalinité de l'eau, les autres types de roches de ces formations ayant un effet plus modéré. Aussi, on observe sur la figure 2 des valeurs généralement plus élevées dans les rivières que dans les lacs.

PRESSIONS

Le développement du Nord québécois passe notamment par une exploration et une exploitation du potentiel minier. L'extraction de certains gisements peut engendrer des rejets miniers acides qui ont des effets potentiellement néfastes sur l'écosystème aquatique. En effet, l'extraction de certains minéraux peut engendrer l'oxydation des sulfures métalliques. De cette oxydation résulte une solution minérale acide.

L'alcalinité naturelle de l'eau est un facteur permettant de contrer l'impact des rejets acides sur le pH du milieu aquatique. Comme l'alcalinité naturelle de l'eau des milieux aquatiques du Nord québécois est généralement très faible, leur rôle tampon face aux apports acides est très faible. Ils sont donc très sensibles aux apports acides et vulnérables face aux projets de développement minier de certains minéraux.

FORCES

- Activités minières[3]

IMPACTS

- Problèmes d'alimentation en eau potable
- Limitation des usages récréatifs d'un cours d'eau (baignade, pêche, etc.)
- Perte ou limitation de la pêche commerciale
- Altération des facteurs esthétiques de l'eau potable
- Accentuation du risque pour des espèces menacées ou vulnérables
- Perte nette d'habitats fauniques
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)[6]
  - Directive 019 sur l'industrie minière[5]

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)
  - *Règlement sur les effluents des mines de métaux et mines de diamants* (DORS/2002-222)[3]
    - Code de pratiques écologiques pour les mines de métaux, 2009[4]

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Directive 019 sur l'industrie minière[5] http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/
- *Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants* (DORS/2002-222)[3] https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2002-222/index.html
- Code de pratiques écologiques pour les mines de métaux, 2009[4] https://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/documents/codes/mm/mm-fra.pdf

RÉFÉRENCES

1. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). Critères qualité de l'eau de surface, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/details.asp?code=S0017.
2. **MATTSON, M.D.** (2009). « Alkalinity of Freshwater ». *Encyclopedia of Inland Waters*, p. 1-6.
3. *Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants* (DORS/2002-222) [En ligne], https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2002-222/index.html
4. **ENVRIONNEMENT CANADA** (2009), Code de pratiques écologiques pour les mines de métaux, https://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/documents/codes/mm/mm-fra.pdf
5. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2020). Directive 019 sur l'industrie minière, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/
6. **QUÉBEC.** *Loi sur la qualité de l'environnement.* [Québec] Éditeur officiel du Québec.

Communautés de diatomées dans le Nord québécois

INDICATEUR DE RÉFÉRENCE

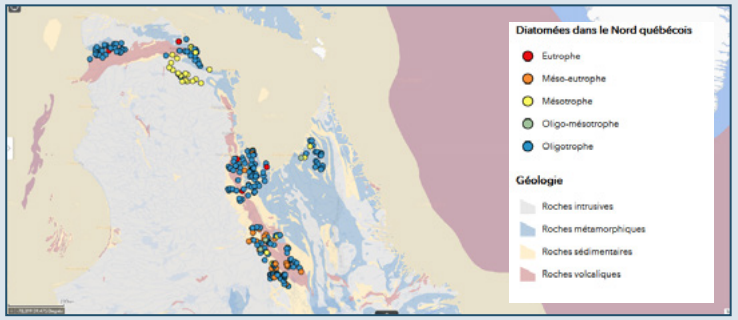
Pour les lacs, on observe une proportion de 21 % de milieux méso-eutrophes et 18 % pour les cours d'eau. Les milieux considérés comme eutrophes sont rares : moins de 1 % des lacs et un peu plus de 5 % des cours d'eau figurent dans cette catégorie.

La composition des communautés de diatomées dans le Nord québécois nous permet d'établir un état de référence sur la productivité des écosystèmes aquatiques dans un milieu naturel ayant eu très peu de perturbations. Les données d'origine indiquent, autant pour les cours d'eau que pour les lacs, que près de 50 % des communautés sont identifiées « indifférentes » aux concentrations en nutriments. Or, les écosystèmes de cette catégorie sont considérés comme étant essentiellement des milieux oligotrophes, mais comportant quelques espèces associées à des milieux plus riches[6]. La présence de ces espèces peut notamment indiquer la présence de milieux humides situés dans le bassin versant de ces écosystèmes, ce qui tend à augmenter la concentration en carbone organique dissous dans l'eau. On observe, de manière générale au Nunavik, un faible niveau de productivité des écosystèmes, du point de vue tant des communautés de diatomées que des valeurs de phosphore qui ont aussi été mesurées à certains sites au cours des mêmes campagnes de terrain. Du point de vue des communautés de diatomées, comme il a été mentionné plus haut, le stade oligotrophe prédomine largement tant pour les lacs que pour les cours d'eau (74 % et 75 % respectivement). Du point de vue des concentrations en phosphore, le portrait est encore plus marqué avec 94 % des concentrations inférieures

DESCRIPTION

Les diatomées sont des algues unicellulaires qui tapissent le fond des cours d'eau et des lacs ou qui vivent libres dans la colonne d'eau. Chaque communauté est adaptée à des conditions spécifiques de salinité, de pH, nutriments, matières organiques et d'oxygène. La structure d'une communauté de diatomées, c'est-à-dire l'abondance relative de chacune des espèces présentes, fournit ainsi une indication assez précise des conditions environnementales existant dans un lac ou une rivière. Les communautés de diatomées intègrent l'ensemble des variations physicochimiques que subit un milieu aquatique sur une période de quelques semaines (4 à 5 dans le cas des rivières). Les préférences écologiques des communautés de diatomées nous permettent également d'interpréter les niveaux tropiques des milieux aquatiques. Ces préférences ont été documentées à partir du programme OMNIDIA, version 5.3[8], et à partir des spectres écologiques proposés par Van Dam (1994)[7] pour plus de 900 taxons **en Europe**. Cet aspect a été choisi pour représenter l'état des environnements aquatiques nordiques.

Figure 1 Stade trophique des écosystèmes aquatiques



Source: Gouvernement du Québec, 2020

La carte ci-dessous indique la répartition spatiale du stade trophique des écosystèmes aquatiques sur 148 rivières et 122 lacs situés au Nunavik. Les échantillons de diatomées ont été prélevés dans le secteur de la péninsule d'Ungava (2011 et 2013), de la fosse du Labrador (2012), près des monts Torngat (2013) ainsi que dans le bassin de la rivière Kovik (2014)[1,2,3,4].

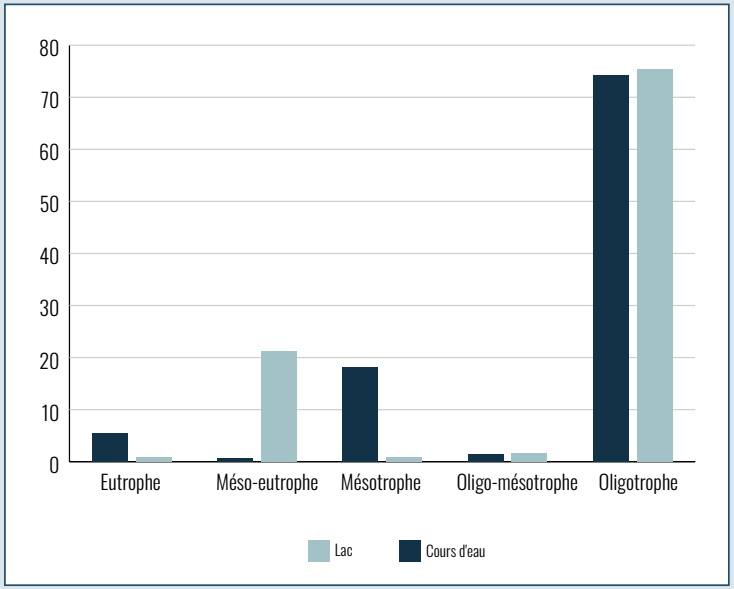
Rédigée par : **Direction des connaissances écologiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

à 10 ug/L, une valeur que l'on considère généralement comme la borne supérieure de l'oligotrophie. Les communautés de diatomées indiquant des environnements peu productifs (oligotrophes, oligo-mésotrophes) sont généralement associées à des bassins versants où le territoire est plus pentu, où la présence de sols humides et de roc d'origine sédimentaires est plus rare, voire nulle. Le phosphore, qui est l'un des principaux éléments limitant la croissance des végétaux aquatiques des écosystèmes d'eau douce[5], est aussi généralement moins concentré dans ces milieux. Par exemple, on observe que 44 % des sites dont la concentration en phosphore est inférieure à 10 µg/L ont une pente moyenne de leur bassin versant supérieure à 5 % contre seulement 10 % pour les sites dont la concentration en phosphore est supérieure à cette valeur. Le secteur des monts Torngat correspond particulièrement bien à ces caractéristiques. La grande majorité des lacs et des rivières se classent oligotrophes dans ce secteur (figure 1 et figure 3).

Les lacs et cours d'eau où l'on observe un niveau de productivité plus élevé sont pour la plupart situés en contexte géologique sédimentaire ou volcanique, et particulièrement là où la végétation est plus haute. On trouve notamment ces contextes dans la fosse du Labrador, située entre Shefferville et Kangirsuk (figure 1). Un exemple de ce type de milieu est présenté à la figure 4. En plus d'abriter une plus grande proportion d'écosystèmes productifs, ce secteur se démarque par la diversité des types de milieux. La diversité dans les stades trophiques de ces milieux aquatiques est importante.

Sur le côté est de la pointe nord de la péninsule d'Ungava (figure 1), on observe une dominance de milieux mésotrophes (points en jaune). Cette observation témoigne de l'apparente homogénéité des conditions environnementales de ce secteur. En effet, ce vaste plateau rocheux à l'apparence désertique montre peu de diversité morphologique, édaphique et climatique.

Figure 2 Proportion des classes de stade trophique des communautés de diatomées



Le graphique ci-dessus indique la proportion des lacs et des cours d'eau appartenant à chaque niveau tropique. Le stade oligotrophe prédomine largement pour les cours d'eau (74%), ainsi que pour les lacs (75%).

Figure 3 Cours d'eau oligotrophe (monts Torngat)



Photos: MELCC

La figure ci-dessous présente un exemple de cours d'eau oligotrophe, situé dans les monts Torngat.

Figure 4 Cours d'eau eutrophe (fosse du Labrador)

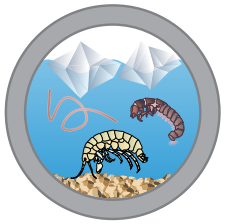


Photos: MELCC

La figure ci-dessous présente un exemple de cours d'eau eutrophe situé dans la fosse du Labrador. Le substrat est recouvert de manière particulièrement dense pour le Nunavik, par des algues filamenteuses.

RÉFÉRENCES

1. **CAMPEAU, S., I. LAVOIE ET R. DUBUC** (2017). Caractérisation des communautés de diatomées des milieux aquatiques du nord de la fosse du Labrador, du sud des monts Torngat et des mont Otish. Rapport déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) et au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP). Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 45 p.
2. **CAMPEAU, S., I. LAVOIE ET R. DUBUC** (2015). Lake and river diatom communities of the Kovik River Basin. Report for the Kativik Regional Government. Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, December 2015, 30 p.
3. **CAMPEAU, S., I. LAVOIE ET R. DUBUC** (2014). Caractérisation des communautés de diatomées des milieux aquatiques des régions naturelles K04 (Basses-terres de la Baleine), K05 (Collines de la baie aux feuilles) et L05 (Bas-plateau de la George) de la fosse du Labrador. Rapport déposé à la Direction du patrimoine écologique et des parcs du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec. Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, mars 2014, 42 p.
4. **CAMPEAU, S., I. LAVOIE, R. DUBUC ET P.B. HAMILTON** (2013). Caractérisation des communautés de diatomées des rivières et des lacs de l'est de la péninsule d'Ungava. Rapport déposé à la Direction du patrimoine écologique et des parcs du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec. Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, mars 2013, 35 p.
5. **WETZEL, R.G.** (2001). *Limnology, Lake and River Ecosystems*. Elsevier Academic Press, 1006 p.
6. **CAMPEAU, STÉPHANE** (janvier 2020). Communication personnelle. Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières.
7. **VAN DAM, H.A., A. MERTENS ET J. SINKELDAM** (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands, *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28: 117-133.
8. **LECOINTE, C., M. COSTE ET J. PRYGIEL** (1993). « OMNIDIA » software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management, *Hydrobiologia*, 269/270: 509-513.



Communautés de macroinvertébrés benthiques dans le Nord québécois

INDICATEUR DE RÉFÉRENCE

Dans le cadre du Plan Nord, certaines activités visent à bonifier les connaissances écologiques du territoire. La caractérisation des communautés benthiques de certains secteurs du Nord québécois en fait partie. Dans ce contexte, les communautés de 83 petits cours d'eau situés dans la fosse du Labrador (figure 1) ont fait l'objet d'une étude dont les objectifs sont les suivants : 1) établir un état de référence avant le développement du territoire et l'accélération des changements climatiques; 2) caractériser la biodiversité; 3) explorer les relations entre les communautés et les variables relatives à l'habitat et aux caractéristiques physicochimiques de l'eau; 4) vérifier l'applicabilité de l'indice de santé du benthos (ISB_g) dans ce territoire. Les informations recueillies pourraient être utilisées en vue de choisir les territoires à protéger.

Ces cours d'eau ont tous un substrat grossier et sont en grande majorité traversables à gué. Les communautés qui y vivent sont des communautés de référence, car elles ne sont soumises à aucun effet d'activités anthropiques, hormis ceux qui sont associés aux polluants aéroportés. Les deux taxons les plus largement distribués et présents dans presque toutes les stations sont des diptères Chironomidae, les Tanytarsini et les Orthocladiinae.

Une analyse de groupement a permis d'identifier huit communautés (figure 2) et les taxons qui les caractérisent (taxons indicateurs) ont été déterminés. La station colorée en noir n'appartient à aucun groupe. La plupart des taxons indicateurs appartiennent aux éphéméroptères, aux plécoptères et aux trichoptères (figure 3), organismes qui sont reconnus pour leur sensibilité

DESCRIPTION

Les macroinvertébrés benthiques regroupent les vers, les crustacés, les mollusques et les insectes qui habitent le fond des lacs et des cours d'eau. Cet indicateur biologique permet d'évaluer de façon synthétique l'état de santé des milieux aquatiques. Il intègre les multiples effets des polluants et des modifications des habitats aquatiques et riverains. Dans le sud du Québec, deux indices de santé du benthos (ISB) ont été développés pour évaluer les petits cours d'eau: l'ISB_g pour les cours d'eau à substrat grossier[1,2] et l'ISB_m pour les cours d'eau à substrat meuble[3,4]. Les communautés du Nord québécois sont peu connues. Une caractérisation des communautés du territoire étudié, soit la fosse du Labrador, a donc été réalisée[5].

Figure 1 Territoire à l'étude



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Les stations sont situées dans la fosse du Labrador, entre la baie d'Ungava et Schefferville. Les stations de la partie sud de la fosse ont été échantillonnées en 2012, alors que celles de la partie nord ont été échantillonnées en 2013.

Rédigée par : **Direction de la qualité des milieux aquatiques**
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

à différents stress environnementaux. Une communauté se distingue particulièrement par une forte abondance de mollusques pélécypodes de la famille des Sphaeriidae (groupe 4 de la figure 2, figure 3). Les stations appartenant au groupe 1 (figure 2) sont à proximité les unes des autres dans le district écologique des crêtes du lac des Coussinets, une région au relief plissé (figure 4). Ce groupe est celui qui est le plus homogène quant à sa répartition spatiale et il se distingue par rapport à l'ensemble des communautés. Cette particularité pourrait être prise en compte dans le choix de territoires à protéger dans le Québec nordique.

Une nette démarcation dans la composition des communautés est notée au-delà de la limite des arbres, dans la toundra arctique arbustive (figure 2). L'analyse de groupement démontrait elle aussi une séparation des communautés entre les groupes 1 à 4 et les groupes 5 à 7. Les éphéméroptères Baetidae (*Baetis* et *Acentrella*), qui ont une large répartition spatiale, semblent bien adaptés aux conditions nordiques plus difficiles propres aux milieux caractérisés par une présence importante du pergélisol (soit de 50% à 90% du sol gelé) et par la disparition des arbres. Les diptères de la famille des Simuliidae (*Simulium*, *Metacnephia* et *Cnephia*) semblent également bien adaptés.

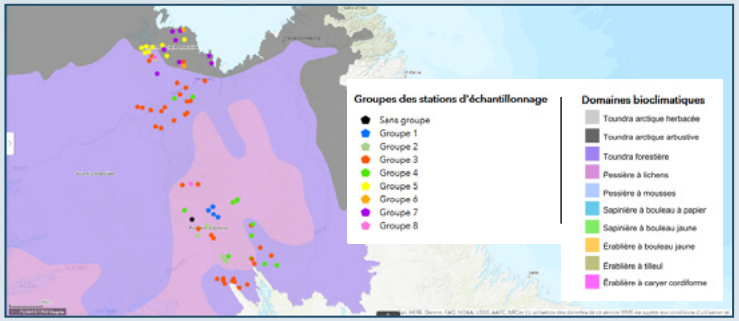
Les relations entre ces communautés et des données relatives à l'habitat à l'échelle locale et à l'échelle du bassin versant ont été explorées. Des variables issues des deux échelles semblent structurer les communautés en place. Les principales variables environnementales qui expliquent la présence des communautés rencontrées sont l'occupation du sol (ex.: résineux, landes boisées…) dans le bassin versant et, à la station, le type d'écoulement, le type de substrat, la largeur de la rivière, la stabilité des berges, la sédimentation, la qualité de l'eau et l'altitude.

Les macroinvertébrés benthiques ont démontré leur utilité dans divers suivis, et ce, dans différentes portions du globe. Des organismes ou des groupes d'organismes sont sensibles à certaines perturbations du milieu, alors que d'autres, qui n'y sont pas sensibles, peuvent être favorisés. La création éventuelle d'indices multivariables pour effectuer des suivis environnementaux devra prendre en compte les particularités des communautés de ce territoire. La forte abondance de Baetidae ou de Sphaeriidae en est un exemple.

L'ISB_g conçu pour le sud du Québec[1] ne pourra être utilisé tel quel. La stabilité de la composition des communautés d'année en année devra être évaluée si l'élaboration d'indices adaptés au Nord québécois devient une visée; des stations devront être échantillonnées plus d'une fois à cette fin.

Tiré de: Julie Moisan (2017)[5].

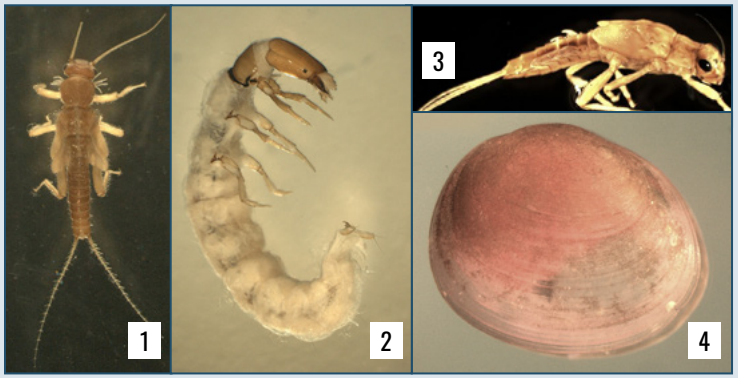
Figure 2 Positionnement des stations dans leur domaine bioclimatique selon l'analyse de groupement réalisée



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Les stations d'échantillonnage sont colorées selon leur groupe d'appartenance sur une carte présentant les différents domaines bioclimatiques.

Figure 3 Certains taxons indicateurs identifiés: plécoptère (*Amphinemura*), trichoptère (*Dolophilodes*) éphéméroptère (*Ephemerella*) et pélécypode Sphaeriidae (*Pisidium*)



Photos: (1) René Therreault, (2) René Therreault, (3) Julie Moisan, (4) Julie Moisan

Le plécoptère Amphinemura, taxon indicateur du groupe 6; le trichoptère Dolophilodes, taxon indicateur du groupe 1, dont les stations sont situées dans le district écologique des crêtes du lac des Coussinets; l'éphéméroptère Ephemerella, taxon indicateur du groupe 3, le type de communauté le plus souvent rencontré; pélécypode Pisidium, taxon indicateur de la famille des Sphaeriidae , famille qui représente de 19% à 64% de la communauté aux douze stations du groupe 4.

PRESSIONS

Le développement industriel du Nord québécois pourrait s'amplifier au cours des prochaines décennies. Le Plan Nord vise la mise en valeur des ressources naturelles tout en respectant les principes du développement durable[6]. Ce vaste territoire situé au nord du 49e parallèle, excluant l'île d'Anticosti et la pointe de la Gaspésie, représente 72 % de la superficie du Québec. Les ressources naturelles qu'il renferme comprennent de nombreux gisements miniers, des forêts et une bonne capacité de production hydroélectrique.

Le potentiel minier est, entre autres, attribuable aux gisements d'or, de cuivre, de zinc, de nickel, d'argent, de fer et d'éléments du groupe du platine[7]. L'exploitation de ces gisements peut avoir des impacts négatifs sur la qualité de l'eau par les stériles et les résidus qu'ils génèrent. Le drainage des sites miniers contient des métaux et il est souvent générateur d'acide. Cette contamination peut atteindre les eaux souterraines et les eaux de surface. Des problèmes environnementaux peuvent advenir pendant l'exploitation et persister des dizaines d'années après la fin de l'exploitation, en ayant des répercussions entre autres sur les communautés benthiques[8,9]. Certaines catégories d'organismes benthiques peuvent s'adapter à la présence de métaux, mais cela les rend plus vulnérables aux autres stress, comme l'acidification et les rayons UVB[10,11].

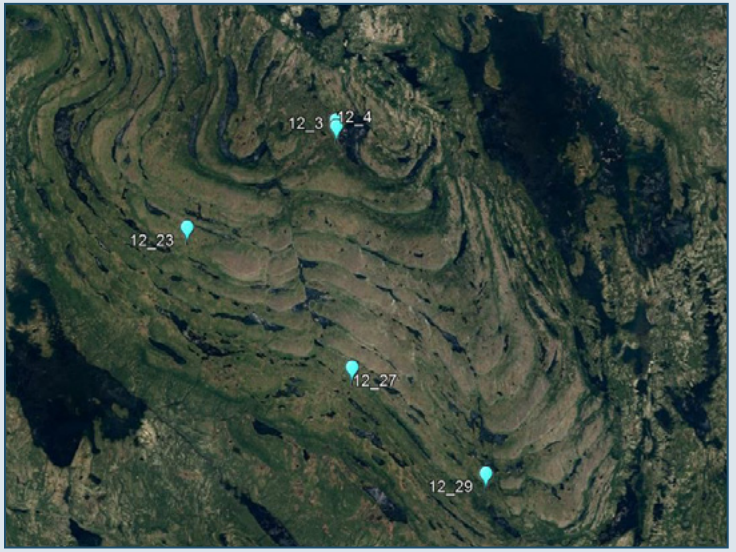
Plus de 200 000 km^2 de forêts couvrent le territoire du Plan Nord[6]. La récolte forestière peut nuire à l'intégrité des écosystèmes aquatiques en modifiant le régime d'écoulement des cours d'eau ou en ayant des conséquences sur la qualité de l'eau[12]. Outre la coupe elle-même, les chemins d'accès et leurs ponceaux peuvent avoir pour effet que les sédiments en suspension augmentent, allant même jusqu'à modifier localement le substrat d'un cours d'eau.

Le développement hydroélectrique se traduit par la présence de barrages et l'inondation de territoires. Ceux-ci influencent bien sûr le régime d'écoulement des rivières et modifient le processus d'érosion et de transport des solides. Les modifications du régime de crue et d'étiage touchent particulièrement les espèces qui vivent dans la zone de marnage. L'habitat des organismes aquatiques s'en trouve donc modifié du point de vue physique, mais également du point de vue chimique.

Les communautés benthiques du Nord québécois ont été, jusqu'à présent, relativement peu touchées par les pressions d'origine anthropique comme celles que l'on connaît dans le sud du Québec. L'intensification du développement industriel projeté est susceptible de modifier ces communautés.

Tiré de: Julie Moisan (2017)[5].

Figure 4 Stations du groupe 1 dans le district écologique des crêtes du lac des Coussinets



Source: Google Earth, 2020

Les cinq stations appartenant au groupe 1 sont situées à proximité les unes des autres dans le district écologique des crêtes du lac des Coussinets, une région au relief plissé tel qu'on peut le constater sur cette image satellitaire.

FORCES

- Urbanisation[16,20]
- Infrastructures de transport[12]
- Activités industrielles[8,9,10,11,16]
- Activités forestières[12]
- Gestion des barrages[18]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques touchent déjà les communautés benthiques et continueront de les toucher dans le futur. Dans la synthèse des connaissances d'Ouranos (2015)[13], les tendances en matière de température moyenne sont à la hausse dans toutes les régions du Québec pour la période de 1950 à 2011 et le Nord québécois (Kuujjuaq) présente des tendances significatives à la hausse pour la pluie d'été et d'automne. Pour cette région, l'enneigement survient une ou deux semaines plus tard en automne et se termine de trois à quatre semaines plus tôt au printemps qu'il y a une trentaine d'années. Ju et Masek (2016)[14] soulignent qu'entre 1984 et 2012 le verdissement le plus accentué de la toundra d'Amérique du Nord a eu lieu au Québec et au Labrador. Parmi les impacts projetés les plus connus se trouvent le réchauffement des températures moyennes, ainsi que des extrêmes chauds et froids, les augmentations projetées pour plusieurs indices thermiques (longueur de la saison de croissance, degrés-jours de croissance) et une diminution projetée dans la longueur de la saison de gel[13]. Les petits cours d'eau seront vraisemblablement plus touchés que les plus grands en raison de l'étroite relation entre la température de l'air et de l'eau[15]. Typiquement, le nombre d'espèces aquatiques présentes diminue avec l'accroissement de la latitude, les distributions étant liées d'abord aux températures. Les changements climatiques modifieront les communautés présentes, entre autres en fonction des préférences thermiques des espèces. Plus celles-ci requièrent des températures froides pour accomplir leur cycle de vie, plus elles risquent d'être mises en danger par un réchauffement. L'orientation sud-nord des bassins versants de la fosse du Labrador constituera une contrainte supplémentaire pour des organismes en quête de refuge climatique si les hausses de température sont supérieures au Nord qu'au Sud. Dans un même bassin versant, les refuges qui permettront de se soustraire à des températures plus élevées seront liés principalement à l'altitude plutôt qu'à la latitude. Les cours d'eau en tête de bassin seront cependant sensibles au réchauffement à cause de leur taille. Les insectes aquatiques ayant un stade terrestre ailé leur offrant une bonne mobilité, telles les libellules, seront avantagés, car ils pourront se déplacer vers le nord. Une hausse des températures, un régime des précipitations en changement, le dégel prévu du pergélisol, des événements météorologiques extrêmes et des changements dans la végétation auront des effets sur l'habitat, sur la dynamique du réseau trophique et sur la phénologie des organismes aquatiques. Dans ce contexte, le développement industriel devra être fait de manière à minimiser les impacts sur les milieux aquatiques. Des pratiques respectueuses de l'environnement sont primordiales, car l'adaptation à des stress dans un contexte de changements climatiques est un défi pour tous les êtres vivants.

Tiré de: Julie Moisan (2017)[5].

IMPACTS

- Perte nette d'habitats fauniques
- Pollution d'un habitat ayant un impact sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques[16]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Redoux hivernaux plus fréquents (ex.: augmentation des épisodes de gel-dégel et des pluies en hiver)
- Diminution de la couverture de glace (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[19]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[19]
- Verdissement de la toundra, dégel du pergélisol
- Effets conjugués changements climatiques et autres pressions[17,19]

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur les mines* (RLRQ, c. M-13.1)
- *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, c. Q-2)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)
  - *Règlement sur les effluents des mines de métaux et mines de diamants* (DORS/2002-222)

PLANS, PROGRAMMES ET STRATÉGIES (Québec)

- Plan Nord[21]
- Programme de réduction des rejets industriels (PRRI), 1988

POUR EN SAVOIR PLUS...

- Caractérisation des communautés de macroinvertébrés benthiques du nord du Québec – Fosse du Labrador, Québec[5]
  http://www.environnement.gouv.qc.ca/Eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/fiches/RapportNord2012-2013.pdf

RÉFÉRENCES

1. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2012). *Indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et son application en milieu agricole: cours d'eau peu profonds à substrat grossier.* Direction du suivi de l'état de l'environnement, 81 p., [En ligne], http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/indice-integrite/rapport-agricole-substrat-grossier.pdf
2. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (MDDEFP) (2013). *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, 2013.* Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-69169-3 (PDF), 2e édition: 88 p. (incluant 6 ann.), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/Eau/eco_aqua/macroinvertebre/surveillance/index.htm
3. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2012). *Élaboration d'un indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et mise en application en milieu agricole: cours d'eau peu profonds à substrat meuble.* Direction du suivi de l'état de l'environnement, 62 p., [En ligne], http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/indice-integrite/rapport-substrat-meuble.pdf.
4. **MOISAN, J., ET L. PELLETIER** (2011). *Protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat meuble, 2011*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 39 p. ISBN 978-2-550-61166-0 (version PDF), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/Eau/eco_aqua/macroinvertebre/protocole/index.htm
5. **MOISAN, JULIE** (2017). *Caractérisation des communautés de macroinvertébrés benthiques du nord du Québec – Fosse du Labrador*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 35 p. + 8 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/Eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/fiches/RapportNord2012-2013.pdf.
6. **SOCIÉTÉ DU PLAN NORD** (2014). Plan Nord, [En ligne], http://plannord.gouv.qc.ca/fr/ (page consultée le 3 novembre 2016).
7. **MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES** (MERN) (2003-2013). *Gros plan sur les mines, aperçu géologique*, [En ligne], http://mern.gouv.qc.ca/mines/geologie/geologie-apercu.jsp (page consultée le 4 novembre 2016).
8. **MOISAN, J., ET L. PELLETIER** (2014). *Réponses des macroinvertébrés benthiques à la contamination métallique – Site minier de Notre-Dame-de-Montauban,* Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-70752-3 (PDF), 24 p. (y compris 5 annexes), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/Eau/eco_aqua/macroinvertebre/macrointervertebres-benthiques.pdf.
9. **BERRYMAN, D., I. GUAY ET J. BEAUDOIN** (2012). *Concentrations de métaux et toxicité de l'eau de la rivière Charest en aval de l'ancien site de Notre-Dame-de-Montauban*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-63953-4 (PDF), 40 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/montauban/metaux-toxicite-charest.pdf.
10. **ZUELLIG, R. E., ET COLLAB.** (2008). « The influence of metal exposure history and ultraviolet-B radiation on benthic communities in Colorado Rocky Mountain streams », *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 27, nº 1, p. 120-134.
11. **COURTNEY, L. A., ET W. H. CLEMENTS** (2000). « Sensitivity to acidic pH in benthic invertebrate assemblages with different histories of exposure to metals », *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 19, nº 1, p. 112-127.
12. **TREMBLAY, Y.** (2007). *Effets de la récolte forestière sur 50% de la superficie de petits bassins versants sur les débits de pointe et la qualité de l'eau, forêt Montmorency, Québec.* Mémoire de maîtrise, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, 134 p.
13. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation: synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec.* Partie 1: Évolution climatique au Québec, Montréal, Ouranos, 114 p.
14. **JU, J., ET J.G. MASEK** (2016). « The vegetation greenness trend in Canada and US Alaska from 1984-2012 Landsat data », *Remote Sensing of Environment,* vol. 176, p. 1-16.
15. **HEINO, J., R. VIRKKALA ET H. TOIVONEN** (2009). « Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions », *Biological Reviews*, vol. 84, nº 1, p. 39-54.
16. **MEDEIROS, A. S., C.E. LUSZCZEK, J. SHIRLEY ET COLLAB.** (2011). « Benthic biomonitoring in arctic tundra streams: A community-based approach in Iqaluit, Nunavut, Canada ». *Arctic*, vol. 64, nº 1, p. 59-72.
17. **LAROUCHE, JULIA R., WILLIAM B. BOWDEN, MICHAEL B. FLINN ET COLLAB.** (2015). *Impacts of a thermo-erosional gully on ecosystem structure and function of an arctic alluvial tundra stream*, North Slope, AK. Thermokarst and Wildfire: Effects of Disturbances Related to Climate Change on the Ecological Characteristics And Functions of Arctic Headwater Streams, p. 23.
18. **SHARMA, P., ET S. SHARMA** (2013). « A Review on Macroinvertebrates' physiological Response to Regulated Stream Flow ». *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, vol. 9, p. 241-251.
19. **KENDRICK, MICHAEL R., ANNE E. HERSHEY ET ALEXANDER D. HURYN** (2019). « Disturbance, nutrients, and antecedent flow conditions affect macroinvertebrate community structure and productivity in an Arctic river ». *Limnology and Oceanography*, vol. 64, nº S1, p. S93-S104.
20. **OURSO, ROBERT T.** (2001). *Effects of urbanization on benthic macroinvertebrate communities in streams, Anchorage, Alaska.* US Department of the Interior, US Geological Survey.
21. **PLAN NORD**, [En ligne], https://plannord.gouv.qc.ca/fr/priorites-daction/pecb/.



Taux de mortalité et reproduction de populations d'omble chevalier anadrome dans le Nord québécois

ÉTAT

État: Intermédiaire-mauvais
Tendance: Ne s'applique pas; données historiques insuffisantes.

Bien que l'omble chevalier anadrome revête une importance cruciale sur les plans alimentaire, social et culturel au Nunavik[1,2], peu d'information au sujet de l'état actuel des populations a été documenté lors des deux dernières décennies. Entre 2016 et 2019, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a réalisé un état de référence pour quatre populations d'omble chevalier anadrome du Nunavik à l'aide d'indicateurs biodémographiques obtenus par des suivis de la montaison. Le MFFP a étudié des populations d'omble chevalier anadrome près des communautés d'Aupaluk en 2016[3] (rivières Voltz et au Chien Rouge, baie Hopes Advance), de Tasiujaq en 2017[4] (rivière Bérard), d'Inukjuak en 2018 (Five Mile Inlet, Ipikituk et Saputaliuk) et de Salluit en 2019 (rivière Duquet, système Baie Déception) (figure 1). Ces travaux du MFFP sur l'omble chevalier anadrome dressent un constat préoccupant sur la stabilité démographique des populations étudiées.

Les ombles chevalier des populations étudiées affichaient pour la plupart un indice de condition satisfaisant (facteur K > 1) ainsi qu'un niveau de contamination en méthylmercure bien inférieur au seuil établi par Santé Canada (0,05 mg/kg; Guide de consommation des poissons du MELCC[5]). Le segment de la population d'omble échantillonné pendant une partie de la montaison suggère un taux de mortalité annuelle totale élevé estimé entre 47 % et 52 % à Aupaluk, à 50 % à Tasiujaq et à 68 % à Inukjuak. Ces valeurs se situent pour la plupart au-delà

DESCRIPTION

La mortalité exprime le taux auquel une population perd ses individus. La mortalité naturelle et la mortalité attribuable aux prélèvements (pêche d'alimentation, récréative et commerciale) forment ensemble le taux de mortalité annuelle totale mesuré chez une population de poissons. La maladie, l'inanition, la prédation, des conditions environnementales inadéquates et la sénescence sont tous des exemples associés à de la mortalité naturelle. Tandis que les conditions environnementales ont des répercussions généralement plus marquées durant les stades embryonnaire et larvaire, les prélèvements s'inscrivent comme une source importante de mortalité à des stades de vie plus âgés, habituellement auprès des individus contribuant le plus au recrutement de la population. L'âge et la taille à laquelle les individus atteignent la maturité sexuelle et le nombre d'individus aux gonades matures peu avant la fraie constituent des indicateurs importants car ils révèlent certaines pressions exercées sur une population donnée. L'omble chevalier est une espèce de poisson essentielle pour la santé et le mode de vie des communautés inuites du Nunavik.

Rédigée par: **Direction de l'expertise sur la faune aquatique**
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

des valeurs documentées lors d'études réalisées selon le même protocole d'échantillonnage, à la même période de l'été[6]. La figure 2 illustre les structures d'âge et les taux de mortalité annuelle observés à Aupaluk en 2016.

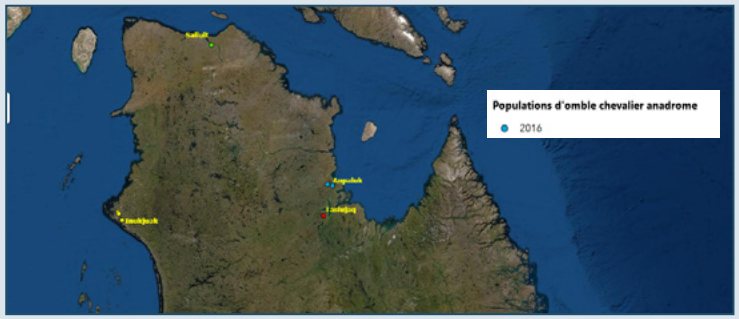
La proportion d'individus présentant des gonades matures (reproducteurs de l'année) était faible à chacun des sites étudiés, allant parfois même à une absence de femelles reproductrices en 2018 à Inukjuak pour les systèmes Five Mile Inlet, Ipikituk et Saputaliuk. Pour ce qui est des données publiées à ce sujet[3,4], les proportions d'individus avec gonades matures âgés de ≥ 5 ans variaient de 1,9% à 16,1% chez les mâles et de 5,6% à 8,1% chez les femelles. Bien que de faibles proportions de reproducteurs de l'année aient également été rapportées auparavant dans l'est de la baie d'Ungava[8], ces valeurs suggèrent que, pour les années où se sont produites les études, très peu d'individus auraient contribué à la fraie parmi le segment de la population intercepté en montaison. Ce segment de la population aura donc peu contribué à la future cohorte recrutée au sein de la population. Comme les ombles chevalier doivent atteindre une certaine taille avant de se reproduire pour une première fois, il semble probable que peu d'entre eux arriveraient à survivre assez longtemps pour participer à la reproduction. Les individus âgés de ≥ 8 ans, soit ceux contribuant davantage à la reproduction, constituaient seulement de 7,5% à 8,8% des spécimens échantillonnés à Aupaluk et Tasiujaq, respectivement. Ce pourcentage est de seulement 1,8% pour l'échantillon de Five Mile Inlet à Inukjuak qui semble être la population la plus exploitée.

Considérant les informations récoltées à ce jour, il semble que les populations d'omble chevalier anadrome étudiées dans la baie d'Ungava, à la baie d'Hudson et dans le détroit d'Hudson (MFFP, analyses en cours) pourraient être en déclin démographique ou du moins en stabilité précaire, en raison d'une mortalité élevée et du faible nombre d'individus participant à la reproduction.

Ainsi, considérant que les états de références ont dans tous les cas été réalisés à partir d'un suivi de la montaison au cours d'un seul été, ne couvrant qu'une partie de la montaison (août-septembre), notre capacité à statuer sur la tendance démographique de ces populations d'omble chevalier anadrome s'en trouve réduite. L'instauration d'un suivi à moyen, voire à long terme, permettrait d'émettre des constats plus clairs au sujet de ces populations.

Les pêcheurs des communautés visitées ont remarqué une diminution de l'abondance et de la taille des ombles chevaliers capturés au fil des années. Ceux de la communauté d'Inukjuak ont aussi relaté qu'ils devaient désormais se déplacer sur de plus grandes

Figure 1 Localisation des populations d'omble chevalier anadrome étudiées par le MFFP entre 2016 et 2019



Source: Gouvernement du Québec, 2020

Entre 2016 et 2019, le MFFP a étudié des populations d'omble chevalier anadrome près des communautés d'Aupaluk (rivières Voltz et au Chien Rouge, baie Hopes Advance), de Tasiujaq (rivière Bérard), d'Inukjuak (Five Mile Inlet, Ipikituk et Saputaliuk) et de Salluit (rivière Duquet, système baie Déception). L'omble chevalier anadrome est très important pour la sécurité alimentaire, ainsi qu'au point de vue culturel et social dans ces communautés. Certains membres des communautés visitées ont rapporté au MFFP avoir observé des signes pouvant s'apparenter à un déclin démographique des populations d'omble chevalier.

distances pour capturer des ombles chevalier anadromes. Les études scientifiques et le savoir autochtone soulèvent tous les deux des préoccupations concernant la stabilité démographique des populations d'omble chevalier anadrome. Rappelons que cette espèce, avec le caribou migrateur, constituent les principales espèces fauniques prélevées par les Inuits pour leur subsistance. Les communautés inuites étant en pleine croissance démographique actuellement[9], il est probable que les besoins en ressource halieutique augmentent considérablement.

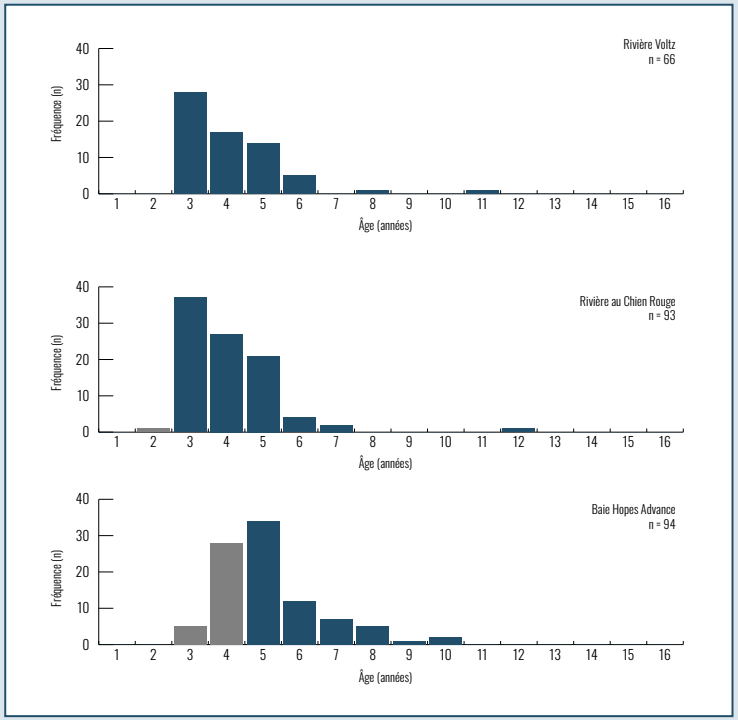
PRESSIONS

Les prélèvements d'omble chevalier anadrome (et résidents) représentent, selon toute vraisemblance, la principale force expliquant les taux de mortalité élevés des populations d'omble chevalier anadrome étudiées par le MFFP entre 2016 et 2018. L'estimation de la mortalité totale annuelle (A) inclut à la fois la mortalité naturelle (p. ex.: sénescence, prédation et maladie) et la mortalité associée à la pêche, sans toutefois pouvoir les distinguer. Les informations au sujet des activités de pêche à l'omble chevalier anadrome des 14 communautés inuites du Nunavik sont insuffisantes pour mesurer le niveau de pression exercée à l'échelle des populations d'omble chevalier. Les filets maillants utilisés, généralement avec des mailles allant de 100 à 125 mm, ciblent les individus de grande taille. Le retrait d'un nombre à ce jour inconnu de spécimens âgés (moyenne à grande taille) dans ces populations pourrait expliquer les taux de mortalité importants observés dans certains secteurs, dont notamment celui d'Inukjuak.

D'autre part, il est en général difficile d'obtenir une estimation précise de l'abondance d'une population d'omble chevalier anadrome. En effet, le décompte réalisé à une barrière de comptage pour une saison donnée peut varier grandement d'une année à l'autre en raison de différents facteurs écologiques. Ceux-ci exercent également une pression sur les populations de l'omble chevalier qui présente une écologie migratoire complexe[6,10]. Notons en particulier la stochasticité environnementale en milieu marin où les spécimens anadromes s'alimentent durant le court été nordique, ainsi que les variations de niveaux d'eau des cours d'eau à l'automne lors de la montaison et à l'hiver dans les lacs côtiers où ils passent la saison froide. Ces facteurs peuvent aussi avoir un impact sur la mortalité observée, mais celle-ci est difficilement quantifiable.

Les modifications de l'habitat de l'omble chevalier anadrome d'origine anthropique peuvent aussi influencer l'état des populations, autant en mer, en estuaire et en cours d'eau, qu'en lac. L'omble chevalier utilise

Figure 2 Structure d'âge et taux de mortalité chez l'omble chevalier dans le secteur d'Aupaluk en 2016. Les classes d'âge qui ne sont pas recrutées par l'engin et ne sont pas comprises dans le calcul de la mortalité apparaissent en gris



Structure d'âge des ombles chevalier anadromes échantillonnés à la barrière de comptage de la rivière Voltz, par filets maillants expérimentaux dans la rivière au Chien Rouge et par filets maillants de pêcheurs locaux dans la baie Hopes Advance. Les classes d'âge pleinement recrutées par l'équipement de pêche sont indiquées en gris, alors que celles qui ont été partiellement recrutées par l'équipement de pêche figurent en gris. Les taux de mortalité, calculés par la méthode de Robson et Chapman (1961)[7], sont estimés à 47%, 48% et 52% respectivement pour les ombles chevalier provenant des rivières Voltz et au Chien Rouge et de la baie Hopes Advance. L'indicateur est jugé comme étant intermédiaire-mauvais.

plusieurs types d'habitat pour des fonctions écologiques diverses comme la reproduction, l'alimentation, l'hivernage et la migration[10]. La connectivité entre ceux-ci est importante pour compléter le cycle de vie de cette espèce. La migration en cours d'eau, la qualité des sites de fraie, l'accès et la disponibilité des proies et la température de l'eau influencent le succès du recrutement, l'alimentation, la croissance et la survie des individus, ainsi que l'état de la population. L'influence de ces facteurs est exacerbée par les changements climatiques qui doivent être incorporés dans la liste des pressions à considérer.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques exercent des pressions multiples qui influencent de manière interactive la mortalité et la reproduction de l'omble chevalier et, par conséquent, l'état de santé des populations. La hausse de la température moyenne associée aux changements climatiques a des impacts physiologiques globalement négatifs. La littérature rapporte une diminution du taux de croissance annuel de l'omble chevalier, produisant des effets sur l'atteinte de la maturité sexuelle, le recrutement, la résilience, le niveau de compétition et la probabilité de survie[11,12]. Des modifications des régimes hydriques[13] et des changements dans la position trophique de l'omble chevalier[11,12,14] pourraient occasionner aussi une hausse de la concentration en contaminants, notamment le méthylmercure[14,15] On anticipe aussi une augmentation de la probabilité pour l'omble chevalier de contracter des infections[16]. Ces deux impacts sont préoccupants pour les communautés qui s'en nourrisent[17].

À grande échelle, la hausse de température associée aux changements climatiques aura comme effet de diminuer considérablement l'aire de répartition de l'omble chevalier[18]. La diminution du volume d'habitat thermique optimal en eaux douces et la modification des courants marins et des fronts salins en estuaire et en mer modifieront l'habitat de l'omble chevalier. Des extinctions locales sont à prévoir dans sa distribution la plus méridionale[12]. De plus, les modifications aux régimes hydrologiques des cours d'eau[13] utilisés pour la migration occasionneront une perte de connectivité entre les habitats d'alimentation et de croissance estivale, les habitats de reproduction et les habitats d'hivernage. En conséquence, on prévoit une réduction de la prévalence du comportement anadrome de l'omble chevalier[19]. Les changements climatiques occasionneront aussi l'arrivée d'espèces émergentes dans les écosystèmes nordiques. Mentionnons d'abord une translation vers le Nord de l'aire de répartition

FORCES

- Pêche récréative, de subsistance ou commerciale[1,2,8]
- Modifications de l'habitat
- Perte de connectivité
- Changements globaux

IMPACTS

- Risques pour la santé humaine suite à la consommation[14,15]
- Pertes de services écologiques culturels[2]
- Perte d'une ressource alimentaire, sociale et rituelle importante pour les nations autochtones[2]

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Diminution de la couverture de glace (ex.: durée, concentration, étendue ou épaisseur)[12,13,25]
- Changements du régime hydrologique (ex.: crues, étiages, niveaux, débits)[13,25]
- Températures ambiantes plus élevées (ex.: vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes)[25]

d'espèces indigènes davantage méridionales. Ces espèces, bien qu'indigènes à la province, viendront modifier la niche écologique occupée par l'omble chevalier dans les écosystèmes nordiques. Ajoutons à ces impacts l'arrivée d'espèces envahissantes comme le saumon rose, *Oncorhynchus gorbuscha*, actuellement envahissant dans l'est de l'Atlantique[20], mais qui a fait l'objet de premières mentions dans la baie d'Ungava au Nunavik en 2019[21]. Enfin, les espèces comme l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) et le saumon atlantique (*Salmo salar*) sont susceptibles d'occuper une place plus importante dans les écosystèmes nordiques[22].

La plasticité phénotypique et la résilience de l'omble chevalier est étonnante mais limitée, surtout considérant la vitesse à laquelle les changements climatiques se produisent. Cette espèce peut s'adapter à des changements environnementaux s'ils sont suffisamment lents et s'ils se situent dans le spectre des conditions environnementales tolérées par l'espèce[11]. En outre, la vulnérabilité et la résilience de l'omble chevalier face aux changements climatiques sont variables et spécifiques à chaque population. Des changements sont déjà observés par les communautés du Nunavik. Ces changements suscitent des préoccupations sur l'état de cette ressource, essentielle pour assurer leur sécurité alimentaire. Des mesures d'atténuation comme la création d'aires protégées, un suivi des populations et l'application de modalités de pêche propres aux populations et aux pressions qu'elles subissent sont à envisager.

RÉPONSES

LOIS ET RÈGLEMENTS (Québec)

- *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)
- *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (RLRQ, c. C-61.1)
  - *Règlement sur l'aquaculture et la vente des poissons* (RLRQ, c. C-61.1, r. 7)
  - *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (RLRQ, c. C-61.1, r. 18)
  - *Règlement sur les permis de pêche* (RLRQ, c. C-61.1, r. 20.2)

LOIS ET RÈGLEMENTS (Canada)

- *Loi sur les pêches* (LP) (L.R.C. 1985, ch. F-14)
  - *Règlement de pêche du Québec* (DORS/90-214)

PROGRAMMES, CADRES ET PLANS D'ACTION (Québec)

- Plan de conservation et de gestion de certaines espèces
- Plan Nord
  - Plan d'action 2015-2020 du Plan Nord à l'horizon 2035[24]: « Identification du potentiel des enjeux fauniques par des activités de recherche appliquée »
- Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques, 2013-2020
  - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)[23]

SOUTIEN FINANCIER (Québec)

- Financement de la recherche scientifique (partenariat avec des établissements universitaires)

AUTRES

- Imposition de mesures d'exploitation restrictives et de quotas
- Rapports et publications de sensibilisation
- Recherche gouvernementale

RÉFÉRENCES

1. **MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS CANADA** (2014-03-11). Omble chevalier dans le site du ministère des Pêches et des Océans Canada, [En ligne], https://www.dfo-mpo.gc.ca/fisheries-peches/sustainable-durable/fisheries-peches/char-omble-fra.html.
2. **KUHNLEIN, H.V., ET M.M. HUMPHRIES** (2017). *Traditional Animal Foods of Indigenous Peoples of Northern North America* dans le site du Centre for Indigenous Peoples' Nutrition and Environment, McGill University, Montréal, [En ligne], http://traditionalanimalfoods.org/.
3. **MAINGUY, J., ET L. BEAUPRÉ** (2019). *Établissement d'un état de référence pour la population d'omble chevalier d'Aupaluk*, Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de l'expertise sur la faune aquatique et Direction de la gestion de la faune du Nord-du-Québec, 37 p.
4. **MAINGUY, J., ET L. BEAUPRÉ** (2019). *Établissement d'un état de référence pour la population d'omble chevalier de la rivière Bérard à Tasiujaq*, Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de l'expertise sur la faune aquatique et Direction de la gestion de la faune du Nord-du-Québec, 29 p.
5. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). *Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce*, dans le site ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/guide/localisation.asp.
6. **POWER, M., J. D. REIST ET J. B. DEMPSON** (2008). Fish in high-latitude Arctic lakes, p. 249-265, dans W. F. Warwick et J. Layvourn-Parry (ed.), *Polar lakes and rivers, Limnology of Arctic and Antarctic ecosystems*. Oxford University Press.
7. **ROBSON, D.S., ET D.G. CHAPMAN** (1961). Catch curves and mortality rates. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 16: 354-368.
8. **BOIVIN, T.** (1994). *Biology and commercial exploitation of anadromous Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in eastern Ungava Bay, Northern Québec 1987-1992*, ministère de l'Environnement et de la Faune, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, et Makivik Corporation, 85 p.
9. **STATISTIQUE CANADA** (2018). *Les Premières Nations, les Métis et les Inuits au Canada: des populations diverses et en plein essor*, ISBN 978-0-660-25451-7, 13 p., [En ligne], https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/pub/89-659-x/89-659-x2018001-fra.pdf?st=6Vdz1kKI.
10. **MOORE, J.S., L.N. HARRIS, J. LE LUYER, B.J.G. SUTHERLAND, Q. ROUGEMONT, R.F. TALLMAN, A.T. FISK ET L. BERNATCHEZ** (2017). « Genomics and telemetry suggest a role for migration harshness in determining overwintering habitat choice, but not gene flow, in anadromous Arctic Char ». *Molecular Ecology*, 26: 6784-6800.
11. **HAMMAR, J.** (2014). « Natural resilience in Arctic charr *Salvelinus alpinus*: life history, spatial and dietary alterations along gradients of interspecific interactions ». *J. Fish Biol.*, 85:81-118.
12. **REIST, J. D., F. WRONA, T. D. PROWSE, M. POWER, J. B. DEMPSON, J. R. KING ET R. J. BEAMISH** (2006). « An overview of effects of climate change on selected arctic freshwater and anadromous fishes ». *Ambio*, 35: 381-387
13. **PROWSE, T. D., F. J. WRONA, J. D. REIST, J. J. GIBSON, J. E. HOBBIE, L. M. J. LÉVESQUE ET W. F. VINCENT** (2006). Climate change effects on hydroecology of arctic freshwater ecosystems. *Ambio*, 35: 347-358.
14. **KNUDSEN, R., A. KLEMETSEN, S. ALEKSEYEV, C.E. ADAMS, ET M. POWER** (2016). « The role of *Salvelinus* in contemporary studies of evolution, trophic ecology and anthropogenic change ». *Hydrobiologia*, 783: 1-9.
15. **BARST, B.D., P.E. DREVNICK, D.C.G. MUIR, N. GANTNER, M. POWER, G. KÖCK, N. CHÉHAB, H. SWANSON, F. RIGÉT ET N. BASU** (2018). « Screening-level risk assessment of methylmercury for non-anadromous Arctic char (*Salvelinus alpinus*) ». *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38: 489-502.
16. **KRISTENSEN, D. M., T. R. JØRGENSEN, R. K. LARSEN, M. C. FORCHHAMMER ET K. S. CHRISTOFFERSEN** (2006). « Inter-annual growth of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*, L.) in relation to climate variation ». *BMC Ecology*, 6: 1-8.
17. **MARQUES, A., M.L. NUNES, S.K. MOORE ET M.S. STROM,** 2010. « Climate change and seafood safety: Human health implications ». *Food Research International*, 43: 1766-1779.
18. **FINSTAD A.G., T. FORSETH, B. JONSSON ET E. BELLIER, T. HESTHAGEN, A.J. JENSEN, D.O. HESSEN ET A.FOLDVIK** (2010). « Competitive exclusion along climate gradients: energy efficiency influences the distribution of two salmonid fishes ». *Global Change Biology*, 17: 1703-1711.
19. **FINSTAD, A.G., ET C.L. HEIN** (2012). « Migrate or stay: terrestrial primary productivity and climate drive anadromy in Arctic charr ». *Global Change Biology* 18: 2487-2497.
20. **SANDLUND T., H. HÅRDENSSON BERNTSEN, P. FISKE, J. KUUSELA, R. MULADAL, E. NIEMELÄ, I. UGLEM, T. FORSETH, T.A. MO, E.B. THORSTAD, A.E. VESELOV, K.W. VOLLSET ET A.V. ZUBCHENKO** (2019). « Pink salmon in Norway: the reluctant invader ». *Biol. Invasions*, 21: 1033-1054.
21. **APRIL, J., ET O. MORISSETTE** (2019). Communication personnelle, Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de l'expertise sur la faune aquatique.
22. **SVENNING, M.A., K.L SANDEM, M. HALVORSEN, Ø. KANSTAD-HANSSEN, M. FALKEGÅRD ET R. BORGSTRØM** (2016). « Change in relative abundance of Atlantic salmon and Arctic charr in Veidnes River, Northern Norway: a possible effect of climate change? » *Hydrobiologia*, 783: 145-158.
23. **GOUVERNEMENT DU QUÉBEC** (2012). Plan d'action sur les changements climatiques, ISBN: 978-2-550-64839-0, 66 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan_action/pacc2020.pdf.
24. **SECRÉTARIAT AU PLAN NORD** (2015). *Plan Nord à l'horizon 2035: Plan d'action 2015-2020*, ISBN 978-2-550-72704-0, 47 p., [En ligne], https://plannord.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2017/05/Synthese_PN_FR_IMP.pdf.
25. **WRONA, F.J., T.D. PROWSE ET J.D. REIST** (2005). Freshwater ecosystems and fisheries, p. 353-452 (chapitre 8), dans ACIA, *Arctic climate impact assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

ÉLÉMENTS PERTURBATEURS ET LEURS IMPACTS

Photo: Caroline Anderson

Pollution par divers contaminants

NUTRIMENTS, COLIFORMES FÉCAUX ET MATIÈRES EN SUSPENSION

L'agriculture, l'urbanisation, les activités forestières et industrielles ainsi que la villégiature favorisent les apports d'éléments nutritifs (phosphore et azote) et de matières en suspension (MES)[1] dans les milieux humides et hydriques. Ces activités peuvent causer de l'eutrophisation de ces milieux aquatiques et avoir des effets négatifs sur plusieurs espèces qui les habitent. Un bilan des apports de phosphore dans les principales rivières du Québec méridional montre que cet élément nutritif provient, par ordre d'importance, des sources diffuses anthropiques (55 %), majoritairement liées au secteur agricole, des sources naturelles (27 %), des sources ponctuelles municipales (17 %) et des papetières (1 %)[2]. De plus, l'occupation humaine du territoire et les activités d'élevage peuvent compromettre certains usages de l'eau à la suite d'une contamination microbienne.

- État trophique des lacs
- Physicochimie et bactériologie des cours d'eau en milieu agricole

En milieu agricole, dans plusieurs bassins versants, la forte proportion du territoire en cultures annuelles, surtout les cultures à grand interligne, comme le maïs et le soya, représente une source majeure de pollution de l'eau de surface par les éléments nutritifs et les matières en suspension. Les cultures qui font l'objet d'épandages de fertilisants, lorsque cela est fait dans des conditions défavorables (ex. : sans enfouissement, sur des sols à nu, en dehors de la période de croissance des cultures, dans des conditions météorologiques et de sols non optimales), présentent un risque de perte plus élevée de nutriments. Les pratiques culturales telles que le travail annuel de sol en régie conventionnelle entraînent un plus grand risque d'érosion des sols, donc de perte de nutriments et de matières en suspension. La fertilisation des sols à l'aide d'engrais minéraux et de déjections animales contribue à cette pollution, en particulier dans les bassins versants à forte densité animale[3,4]. En plus des éléments nutritifs, les microorganismes contenus dans les déjections animales épandues peuvent être transportés dans

- Physicochimie et bactériologie des cours d'eau en milieu agricole
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Physicochimie et bactériologie des tributaires du fleuve
- Sites potentiels de baignade du fleuve

les eaux de surface. Mentionnons toutefois que certains auteurs soulignent que le Québec fait preuve d'un certain leadership concernant la gestion des matières fertilisantes au sein des exploitations agricoles avec les plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF) et les bilans de phosphore[5]. Par exemple, l'introduction des PAEF a aidé à limiter les apports de phosphore en réduisant l'utilisation des engrais phosphatés de 40% au cours de la décennie 2000- 2010[6,7].

L'instabilité des berges, l'absence ou le mauvais aménagement de sorties de drains[4] et le mauvais état des bandes riveraines s'ajoutent à la problématique. En effet, au Québec, il est permis de cultiver à l'intérieur de la rive jusqu'à 3 mètres de la ligne des hautes eaux et de faucher les végétaux jusqu'à cette limite. Une bande riveraine composée d'une mince lisière de plantes herbacées est moins efficace pour remplir ses fonctions écologiques[8], particulièrement en ce qui a trait au maintien de la biodiversité[9]. Ces conditions de largeur et de composition sont souvent insuffisantes pour retenir les particules de sol et les nutriments transportés par le ruissellement[10,11]. De plus, la présence de drains souterrains et de fossés qui concentrent l'écoulement de l'eau avant d'atteindre le cours d'eau limite la performance des bandes riveraines comme zones de sédimentation ou de filtration[12]. La bande de végétation riveraine joue un rôle crucial pour minimiser les effets négatifs des pratiques agricoles sur la production de services écosystémiques[13]. Ajoutons que des rejets d'eaux usées municipales, d'industries agroalimentaires, de lieux d'enfouissement techniques ou sanitaires, de pisciculture et que la présence d'installations septiques défectueuses à proximité des cours d'eau[14] constituent également des sources de pression qui s'ajoutent aux pratiques culturales et à l'élevage en milieu agricole[2].

- Degré de naturalité des cours d'eau
- État des écosystèmes riverains
- Métaux en cours d'eau
- Physicochimie et bactériologie des cours d'eau en milieu agricole
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Physicochimie et bactériologie des tributaires du fleuve
- Sites potentiels de baignade du fleuve

La contribution de chaque source varie en fonction des bassins versants. Le mauvais état physicochimique et bactériologique des cours d'eau en milieu agricole du présent bilan (2015-2017) témoigne des pressions issues du milieu agricole. De plus, bien que l'état physicochimique et bactériologique des tributaires du Saint-Laurent soit généralement intermédiaire-bon pour la même période, les six tributaires en mauvais et très mauvais état sont ceux dont les bassins versants sont occupés plus par le milieu agricole (52% en moyenne), et principalement par des cultures annuelles à grand interligne (27% en moyenne). En 2015-2017, les paramètres dépassant le plus souvent les

- Physicochimie et bactériologie des cours d'eau en milieu agricole
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Physicochimie et bactériologie des tributaires du fleuve

critères de qualité de l'eau et les valeurs repères sont le phosphore total et la turbidité, autant pour les cours d'eau à vocation agricole que pour les tributaires du fleuve. Les dépassements pour l'azote total sont plus fréquents dans les cours d'eau à vocation agricole. Ces constats sont en accord avec une autre étude du MELCC[15] portant sur la période 2009-2012, qui montrait que les concentrations médianes en phosphore total sont liées principalement à la proportion de cultures annuelles des bassins versants (grand interligne et interligne étroit, non combinés à une pratique visant à ne pas laisser le sol à nu durant l'année) ainsi qu'à la charge de phosphore provenant du cheptel animal et des émissaires municipaux alors que les concentrations médianes d'azote total et de nitrates des rivières québécoises sont liées davantage à la proportion des superficies totales cultivées des bassins versants, ainsi qu'au cheptel animal.

En outre, les activités anthropiques, notamment l'agriculture intensive, participent aux apports en nutriments, coliformes fécaux et matières en suspension dans le milieu aquatique et contribuent à la dégradation de l'habitat. Toutes ces perturbations ont d'importantes répercussions sur les communautés biologiques qui vivent dans les cours d'eau. Cet impact peut être évalué à l'aide d'indicateurs biologiques. Les fiches « Communautés de diatomées benthiques dans les petits cours d'eau en milieu agricole », « Communautés de macroinvertébrés benthiques – substrat meuble » et « Communautés de macroinvertébrés benthiques – substrat grossier », dont les états des indicateurs sont classés respectivement mauvais, intermédiaire-mauvais et intermédiaire-bon, témoignent de la perte d'intégrité biotique. L'élimination d'organismes plus sensibles à la pollution permet l'augmentation et la dominance d'organismes généralistes plus tolérants, ce qui a des conséquences sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques. Les différents suivis ont mis en évidence que l'intégrité biotique est fortement liée à l'occupation du territoire.

- Communautés de diatomées benthiques dans les petits cours d'eau en milieu agricole
- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat grossier
- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat meuble

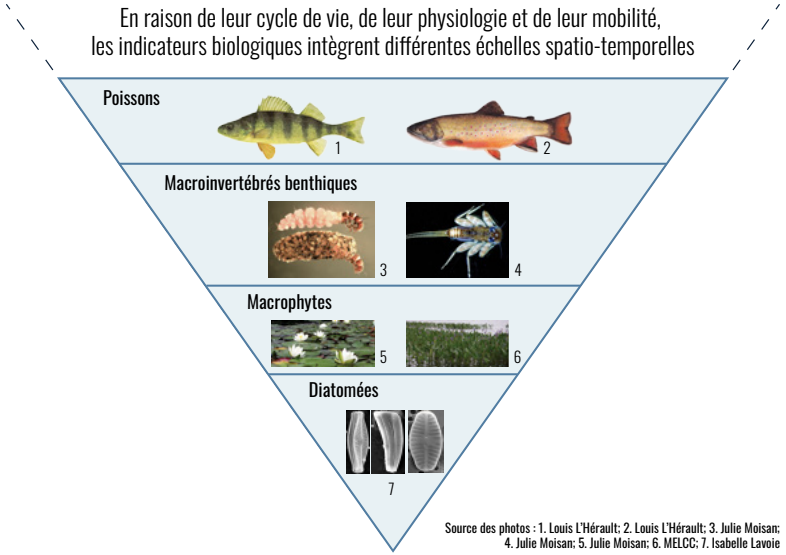
ENCART

INDICATEURS BIOLOGIQUES

Définition: espèce ou groupe d'espèces végétales ou animales dont la présence ou l'état renseigne sur certaines caractéristiques écologiques de l'environnement, ou sur l'incidence de certaines pratiques. On les utilise, entre autres, pour évaluer l'intégrité biotique des écosystèmes.

Les communautés de diatomées benthiques, de macroinvertébrés benthiques et de poissons sont les plus utilisées pour le diagnostic de l'intégrité biotique des milieux aquatiques. La principale force des bio-indicateurs ou indicateurs biologiques est d'intégrer l'ensemble des sources de perturbations présentes dans le milieu, qu'elles soient chimiques, physiques ou biologiques. Ces bio-indicateurs ont des caractéristiques physiologiques différentes et se distinguent notamment par les perturbations auxquelles ils sont sensibles (ex.: habitat ou physicochimie de l'eau) et par la durée des conditions qu'ils ont la faculté d'indiquer, qui est par exemple de quelques semaines pour les diatomées jusqu'à plusieurs années pour le poisson.

Figure 1 Indicateurs biologiques les plus utilisés



Du côté du Saint-Laurent, une étude montre que les principales sources de nutriments à la hauteur de Québec entre 1995 et 2011 sont, en ordre d'importance, les Grands Lacs, les principaux tributaires du fleuve, la rivière des Outaouais et les sources municipales[16]. Les matières en suspension proviennent principalement de l'érosion du lit et des rivages[16]. La fiche « Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve », dont l'état de l'indicateur est classé intermédiaire-bon, suggère une tendance à l'amélioration des concentrations de phosphore entre 1995 et 2011 qui pourrait être attribuable, entre autres, à la diminution des concentrations dans les principaux tributaires québécois. Les matières en suspension et la turbidité, quant à elles, sont en hausse et pourraient témoigner d'un certain effet des changements climatiques sur la qualité de l'eau du fleuve. Par exemple, des précipitations plus intenses qui augmentent le ruissellement des particules et l'érosion des berges généreraient une hausse des matières en suspension, alors que l'accroissement des températures de l'eau et de la saison de croissance favoriserait la production de chlorophylle α affectant à son tour la turbidité. Le lac Saint-Pierre, dont les habitats aquatiques sont fortement perturbés par les charges élevées en nutriments et la turbidité des eaux provenant des tributaires sous influence agricole, a vu disparaître de vastes herbiers productifs qui ont été remplacés par des cyanobactéries filamenteuses benthiques avec des effets négatifs sur la croissance et la survie de poissons tels que la perchaude[17,18,19,20,21].

- Physicochimie et bactériologie des tributaires du fleuve

L'eutrophisation peut nuire aux activités aquatiques ainsi qu'à la production d'eau potable[22,23], peut engendrer du stress pour les poissons et générer une cascade d'effets pouvant altérer la qualité des habitats[24,25,26,27]. En effet, l'apport de nutriments favorise la croissance d'algues, de plantes aquatiques et de cyanobactéries[22,23], ce qui influence la concentration en oxygène dissous dans l'eau et son pH[24,25]. Les apports en nutriments font partie des facteurs principaux influençant la productivité primaire des écosystèmes marins comme le mentionnent les fiches « Suivi des algues toxiques dans l'estuaire et le golfe », « Communauté phytoplanctonique dans l'estuaire et le golfe », dont les indicateurs sont classés intermédiaires-bons, et « Communauté zooplanctonique dans

- Communauté phytoplanctonique dans l'estuaire et le golfe
- Communauté zooplanctonique dans l'estuaire et le golfe
- État trophique des lacs
- Processus océanographiques
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Suivi des algues toxiques dans l'estuaire et le golfe

l'estuaire et le golfe », dont l'indicateur est classé intermédiaire. La matière organique produite se décompose ensuite dans les eaux profondes, contribuant à l'acidification et à l'hypoxie de l'estuaire[16]. La fiche « Processus océanographiques », dont l'indicateur est classé intermédiaire, montre une tendance à la détérioration de son indicateur. Il y est mentionné que, parallèlement à la réduction de l'oxygène dissous, l'acidité des eaux profondes (300 m et plus) a augmenté d'environ 100 %. Des eaux acidifiées (riches en CO_2) en zones peu profondes existent également dans la partie sud du golfe du Saint-Laurent. Les nitrates font partie des principales causes d'hypoxie dans le golfe du Saint-Laurent. Une étude récente démontre que 40 % de l'azote dans l'estuaire, au niveau du Bas-Saint-Laurent, est d'origine anthropique et qu'une augmentation de 50 % des concentrations fluviales en nutriments pourrait entraîner une eutrophisation supplémentaire de 30 %[30].

Les réseaux de collecte des eaux usées sont susceptibles d'affecter la qualité de l'eau souterraine puisqu'ils comportent des fuites[31] et les rejets d'eaux usées (stations d'épuration, ouvrages de surverse, résidences isolées, traitements collectifs privés et autres sites d'assainissement autonomes) ou d'eaux pluviales sont des voies d'entrée pour les nutriments et les contaminants dans les eaux de surface[14]. Par exemple, dans des milieux nordiques, où il n'y a pas d'agriculture, il a été constaté que la qualité de l'eau de surface diminue (augmentation de nutriments et de métaux) avec le développement urbain, provoquant la dégradation du benthos[32,33]. De plus, bien que la majorité des stations d'épuration aient une norme en désinfection, certaines grandes municipalités, dont Montréal, Longueuil et Repentigny, n'ont pas d'étape de désinfection dans leur système de traitement, ce qui contribue à rejeter une quantité importante de coliformes fécaux dans le milieu récepteur[34,35,36,37]. La contamination issue des rejets d'eaux usées de la région de Montréal est perceptible jusqu'à la sortie du lac Saint-Pierre, affectant surtout les masses d'eau circulant au centre et au nord du fleuve. Comme il est mentionné dans la fiche « Sites potentiels de baignade du fleuve », dont l'indicateur d'état est classé intermédiaire, cette contamination compromet les usages récréatifs tels que la baignade en aval de Montréal. Ajoutons qu'au Québec 4 592 ouvrages de surverse répartis sur 818 réseaux d'égouts étaient en exploitation en 2017[38]. De ce nombre,

- Communautés de macroinvertébrés benthiques dans le Nord québécois
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Sites potentiels de baignade du fleuve

2 797 ont permis 57 347 débordements d'eaux usées qui n'ont pu être acheminées aux stations d'épuration[38]. Les débordements surviennent pour permettre la réalisation de travaux planifiés sur les réseaux d'égouts ou à la station d'épuration ou lorsque la capacité des ouvrages est surpassée par l'arrivée d'une trop grande quantité d'eau[38]. En effet, les eaux pluviales sont parfois captées avec les eaux usées domestiques dans des réseaux d'égouts unitaires ou pseudo-séparatifs, ce qui a pour effet d'augmenter les risques de débordement[37]. Selon le plus récent portrait des infrastructures en eau des municipalités du Québec, des 32 260 km de réseaux répertoriés pour 738 municipalités, 26 % sont de type unitaire (dont celui de la ville de Montréal), 15 % de type pseudo-séparatif et 59 % de type sanitaire[39]. Les ouvrages de surverse représentent donc une source de contaminants et de nutriments non négligeable[40].

La mesure 3.1.3 de la SQE consiste au Programme de soutien aux municipalités dans la mise en place d'infrastructures de gestion durable des eaux de pluie à la source (MAMH), avec un budget de 9,9 M$ de 2018 à 2023.

Pour leur part, les effluents des eaux de procédé, de ruissellement ou de lixiviation de l'industrie agroalimentaire, notamment les abattoirs et laiteries, des fabriques de pâtes et papiers[4], des activités minières, des raffineries de pétrole et des sites d'enfouissement[41] contribuent, entre autres, à l'apport en coliformes fécaux, d'azote ammoniacal, de matières en suspension, de phosphore[4,41] et sw nitrites-nitrates dans le réseau hydrique[41]. La foresterie, le développement résidentiel et la villégiature sont d'autres causes potentielles de l'eutrophisation des lacs[42]. L'exploitation forestière provoque une augmentation en phosphore total et en carbone organique dissous dans les lacs. Ces impacts ne seraient plus perceptibles deux ans après la coupe, suggérant une bonne résilience de l'écosystème[43,44]. L'exploitation forestière peut aussi modifier le comportement de prédation des poissons en provoquant une coloration de l'eau plus foncée[43,45]. L'exploitation forestière contribue à l'acidification des lacs et des rivières et augmente l'apport en sédiments fins dans le système hydrique avec le développement de la voirie forestière[46,47]. Cela met en péril des espèces telles que l'omble chevalier oquassa présent

- Communautés de macroinvertébrés benthiques dans le Nord québécois
- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat grossier
- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat meuble
- Espèces sportives des eaux intérieures
- État trophique des lacs
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Seuil de conservation du saumon

dans des lacs considérés comme en voie d'acidification[42] ou le saumon atlantique, menacé par la sédimentation dans ses frayères en rivière[48]. De son côté, l'exploitation de la tourbe entraîne dans les cours d'eau un excès de phosphore et de matières en suspension et contribue aussi à l'eutrophisation du réseau hydrique[49,50].

Un mauvais état des paramètres physicochimiques, comme c'est le cas dans certains tronçons de rivières ou du fleuve Saint-Laurent, est synonyme de perturbation de l'écosystème et de sa biodiversité. En effet, les diverses espèces aquatiques ont des niveaux différents de tolérance à l'eutrophisation, comme le méné d'herbe et le fouille-roche gris qui sont des poissons intolérants alors que l'umbre de vase et le meunier noir sont tolérants[51]. De plus, certaines études montrent que les coliformes fécaux peuvent modifier la flore intestinale des poissons, donc que la contamination bactériologique peut les affecter[52]. Les coliformes fécaux ont également des répercussions sur la collecte des coquillages. En effet, comme il est mentionné dans la fiche « Salubrité des eaux coquillières dans l'estuaire et le golfe », dont l'indicateur est classé intermédiaire-bon, 68 % des sites suivis en Gaspésie et 81 % de ceux suivis dans le Bas-Saint-Laurent sont inexploitables puisqu'ils sont affectés par les concentrations en coliformes fécaux. Ce sont 257 sites coquilliers répartis dans six régions qui sont suivis dans le cadre du Programme de classification des eaux coquillières.

- Physicochimie et bactériologie des cours d'eau en milieu agricole
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Physicochimie et bactériologie des tributaires du fleuve
- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Salubrité des eaux coquillières dans l'estuaire et le golfe
- Sites potentiels de baignade du fleuve

La fiche « Communautés de diatomées dans le Nord québécois », qui concerne les rivières et les lacs, permet d'établir un état de référence sur la productivité des écosystèmes aquatiques dans un milieu naturel peu perturbé. . La fiche « Communautés de macroinvertébrés benthiques dans le Nord québécois » présente des communautés de référence en rivière pour lesquelles la relation de la composition en taxons et certaines variables naturelles de l'habitat a été mise en évidence. Dans le sud du Québec, ces relations sont souvent masquées par une forte activité anthropique.

- Communautés de diatomées dans le Nord québécois
- Communautés de macroinvertébrés benthiques dans le Nord québécois

La fiche « État trophique des lacs », dont l'indicateur est classé intermédiaire-bon, analyse l'état global des lacs participant au Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL). Le processus d'eutrophisation dans certains lacs peut mener à des fleurs d'eau de cyanobactéries et comporter un risque pour la santé des citoyens[53,54]. Les problèmes de santé associés à la présence de coliformes fécaux et aux fleurs d'eau de cyanobactéries (cyanotoxines) sont de plusieurs types: gastro-intestinaux, respiratoires et cutanés. Selon

- État trophique des lacs
- Qualité bactériologique des eaux de baignade des plages participant au programme Environnement-Plage
- Sites potentiels de baignade du fleuve

les concentrations d'éléments pathogènes, les activités qui impliquent ou non des contacts directs avec l'eau, comme la baignade, la planche à voile ou les loisirs en rives, y sont alors non recommandées[55]. Afin d'informer la population de la qualité bactériologique des eaux de baignade des plages publiques du Québec, le programme Environnement-Plage effectue, pour les plages participantes, le suivi de la qualité bactériologique des eaux de baignade en se basant sur les concentrations d'E. Coli (milieu d'eau douce) et d'entérocoques (milieu marin). Mentionnons que, selon les données disponibles en 2019 pour le programme, l'état global des eaux de baignade des plages participantes semble refléter un bilan positif. En effet, 151 plages participant au programme ont obtenu une cote moyenne A (excellente), 51 une cote moyenne B (bonne), trois une cote moyenne C (passable) et deux une cote moyenne D (polluée)[56].

Mesure SQE 6.1.3: Élargir le Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL) et bonifier les connaissances acquises, sous-mesure 2 – Effectuer le suivi complémentaire de la qualité de l'eau dans le cadre du RSVL. Le budget total pour la période 2018-2023 est de 104 760 $.

PESTICIDES

L'origine des pesticides dans les cours d'eau et l'eau souterraine est essentiellement agricole. En effet, selon le bilan des ventes de pesticides au Québec en 2018, les ventes totales de pesticides s'élevaient à 3 511 060 kg d'ingrédients actifs, dont 2 436 582 kg (69,4 %) étaient destinés à l'agriculture[57]. En 2015, le ministère lançait la Stratégie québécoise sur les pesticides[58] qui vise à favoriser l'adoption de meilleures pratiques en vue de réduire l'utilisation des pesticides présentant plus de risques et à en faire un suivi. Selon les données du ministère, les ventes dans le secteur agricole, qui représentent au fil des années au moins 70 % des ventes totales, diminuent depuis 2015[57]. Une des mesures phares de la stratégie a été l'introduction, en 2018, de nouvelles exigences réglementaires pour le milieu agricole, notamment de rendre obligatoire l'obtention d'une justification et d'une prescription agronomique préalablement à l'achat et l'application des pesticides

- Pesticides dans le lac Saint-Pierre
- Pesticides dans les cours d'eau en milieu agricole
- Pesticides dans les eaux souterraines en milieu agricole

les plus à risque pour la santé et l'environnement. L'herbicide atrazine fut le premier visé compte tenu de sa contribution aux indicateurs de risque et en raison d'une forte utilisation pour les cultures de maïs, suivi de l'insecticide chlorpyrifos et de trois insecticides de la famille des néonicotinoïdes enrobant ou non les semences de certaines cultures[58].

Avant 2018, presque toutes les semences de maïs et environ 50 % des semences de soya étaient traitées avec des insecticides néonicotinoïdes ou avec des mélanges d'insecticides et de fongicides[60]. Les cultures à grand interligne de maïs et de soya sont omniprésentes dans plusieurs régions du Québec et représentent les plus vastes superficies traitées avec des pesticides[60]. L'application des pesticides en début de saison, lorsque le sol est à nu, favorise leur transport vers les cours d'eau[60]. Pendant la saison de croissance, les pesticides peuvent être utilisés plus d'une fois sur les champs en culture[60,61,62] ou encore à la dose maximale recommandée sur l'étiquette du produit[60]. Les cultures maraîchères, la pomme de terre et les vergers occupent des superficies moins vastes que le maïs et le soya, mais les quantités de pesticides appliquées à l'hectare peuvent être importantes, par exemple en raison de l'application répétée d'insecticides et de fongicides[61,62,63]. De plus, certains insecticides utilisés dans ces cultures sont très toxiques pour les espèces aquatiques[61].

- Pesticides dans le lac Saint-Pierre
- Pesticides dans les cours d'eau en milieu agricole
- Pesticides dans les eaux souterraines en milieu agricole

La migration des pesticides vers les cours d'eau peut se faire par le ruissellement, le lessivage et la dérive. Plusieurs facteurs sont susceptibles de favoriser leur présence dans les cours d'eau, dont les pratiques agricoles, le type de sol, les conditions météorologiques lors de l'application ainsi que la dose utilisée[60].

- Pesticides dans le lac Saint-Pierre
- Pesticides dans les cours d'eau en milieu agricole
- Pesticides dans les eaux souterraines en milieu agricole

Mesure SQE 1.4.4 : Évaluer l'adoption de diverses pratiques de gestion intégrée des ennemis des cultures (MAPAQ), avec un budget de 30,4 M$ de 2018 à 2023.

Les fiches d'état concernant les pesticides montrent des dépassements des critères de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques dans les cours d'eau échantillonnés en milieu agricole et dans le lac Saint-Pierre (« Pesticides dans les cours d'eau en milieu agricole » dont l'indicateur d'état est classé mauvais et « Pesticides dans le lac Saint-Pierre » dont l'indicateur d'état est classé intermédiaire-mauvais). Plusieurs effets des pesticides sur les espèces aquatiques sont rapportés dans la documentation scientifique. Les effets rapportés des insecticides néonicotinoïdes sur les invertébrés aquatiques sont, par exemple, la diminution des taxons plus sensibles à la pollution, la dérive d'individus dans les cours d'eau, la diminution du taux de survie, la réduction de l'alimentation et de l'excrétion chez certaines espèces de macroinvertébrés[64,65]. Certains herbicides, comme l'atrazine ou le glyphosate, peuvent également entraîner des changements dans les communautés d'algues et de plantes aquatiques favorisant les cyanobactéries aux dépens des algues vertes[65]. Chez les amphibiens, le développement des têtards et leur taux de survie sont négativement influencés par l'atrazine, un herbicide qui diminue leur poids corporel et leur tolérance au parasitisme[66]. Cette diminution du taux de survie a également été observée sur la tortue géographique[66]. L'atrazine peut aussi avoir des impacts perturbateurs sur le système endocrinien des amphibiens[65]. Les effets documentés des herbicides sur les poissons sont variés, comme l'inhibition d'enzymes du foie, des dommages à l'ADN, la diminution de la production d'œufs et la perturbation des récepteurs olfactifs[65].

- Communautés de diatomées benthiques dans les petits cours d'eau en milieu agricole
- Communautés de macroinvertébrés benthiques – substrat grossier
- Communauté de macroinvertébrés benthiques – substrat meuble
- Pesticides dans le lac Saint-Pierre
- Pesticides dans les cours d'eau en milieu agricole
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)

Dans l'eau potable, aucun dépassement des normes concernant les pesticides n'a été détecté dans les réseaux de distribution du Québec échantillonnés entre 2013 et 2018[67]. Selon la fiche « Pesticides dans l'eau souterraine en milieu agricole », dont l'indicateur est classé intermédiaire-bon, une analyse de l'eau provenant de puits individuels dans plusieurs régions agricoles du Québec entre 2012 et 2014 a démontré que, bien que des pesticides aient parfois été détectés, les concentrations mesurées étaient faibles et respectaient largement les normes ou les valeurs de référence existantes pour l'eau potable[68].

- Pesticides dans le lac Saint-Pierre
- Pesticides dans les cours d'eau en milieu agricole
- Pesticides dans les eaux souterraines en milieu agricole

POLLUANTS ORGANIQUES PERSISTANTS ET MÉTAUX

Les polluants organiques persistants (POP) sont toxiques, résistants à la dégradation, bioaccumulables et transportables sur de longues distances[69]. Il s'agit par exemple des biphényles polychlorés (BPC), des polybromodiphénylséthers (PBDE), des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des dioxines et furanes. Des métaux (radioactifs ou non) tels que le mercure (Hg) et le plomb ont également certaines des propriétés des POP. Par exemple, le méthylmercure est un contaminant qui provoque une bioamplification le long de la chaîne alimentaire, ce qui augmente le risque de contamination pour les organismes aquatiques prédateurs comme les poissons, mais aussi pour les consommateurs de poissons qui sont situés à un niveau supérieur dans le réseau alimentaire[70]. La fiche « Contamination des poissons par les toxiques en eau douce », dont l'indicateur d'état est classé intermédiaire-bon, indique que la tendance est à l'amélioration pour les polluants suivis (mercure, BPC et PBDE) dans les lacs fluviaux (lacs Saint-François, Saint-Louis, Saint-Pierre). Plusieurs POP et d'autres contaminants, comme le bisphénol-a, des hormones naturelles ou synthétiques, certains médicaments et les détergents de type nonylphénol éthoxylé, sont des perturbateurs endocriniens[71,72]. Ces derniers affectent le système endocrinien des organismes exposés et peuvent avoir un effet négatif à différentes étapes de leur cycle de vie, comme c'est le cas pour les molécules œstrogéniques, connues pour diminuer la capacité de reproduction de certains poissons du Saint-Laurent, comme le méné d'herbe[73] ou le chevalier cuivré[74].

- Contamination de l'eau du fleuve par les toxiques
- Contamination des poissons par les toxiques en eau douce
- Contamination des sédiments des lacs fluviaux par les toxiques
- État de la population du grand héron – Estuaire et golfe
- État de la population du grand héron – Fleuve
- État de la population de béluga

L'origine de cette multitude de polluants est diverse. Certaines activités industrielles et urbaines provoquent des pressions sur la qualité des eaux de surface et souterraines de diverses manières; par exemple, les déversements accidentels, les fuites et les pertes de produits dont de faibles quantités peuvent contaminer de très grandes quantités d'eau[31,75], et les contaminations par des produits peu solubles et très persistants[75]. Les pratiques antérieures de gestion des déchets sont responsables de la contamination de certains sites de même que de la présence de sites contaminés dont les produits percolent dans le sol ou ruissellent vers le réseau hydrique[75]. D'autres exemples sont la présence de sites contaminés ou de plans d'eau contaminés dans des zones de recharge, la résurgence d'eau souterraine contaminée dans les eaux de surface[75] et la production d'effluents miniers contaminés par des métaux[31,75].

- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Recharge des eaux souterraines

Malgré le traitement par des stations d'épuration, les eaux usées des habitations, industries, commerces et institutions contiennent de nombreuses substances susceptibles de causer des risques pour la santé et l'environnement[76]. En 2017, les eaux usées de plus de 99 % de la population québécoise raccordée à un réseau d'égout étaient dirigées vers une station d'épuration qui traite les eaux usées avant de les rejeter dans l'environnement. Quant aux 82 exploitants municipaux de réseaux d'égout sans traitement, ils ont l'obligation d'aménager une station d'épuration[38]. En ce qui a trait aux eaux traitées, l'efficacité des systèmes de traitement varie d'une municipalité à l'autre, mais, pour ce qui est des micropolluants, tels les surfactants et les contaminants d'intérêt émergents comme les composés perfluorés, les hydrocarbures, les hormones et les composés pharmaceutiques, ils ne sont que partiellement éliminés aux stations d'épuration[77,78]. Les dérivations et les débordements contribuent à la contamination des cours d'eau et des plans d'eau par ces micropolluants, qui ont, pour certains, des effets de perturbation du système endocrinien et qui nuisent à la vie aquatique[79,80]. Ainsi, les rejets d'effluents permis sont responsables de la modification de l'habitat et de la mortalité de certaines espèces de poissons, comme le bar rayé[81].

- Contaminants émergents: le cas des composés perfluorés
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Sites potentiels de baignade du fleuve

La fiche « Contamination des sédiments des lacs fluviaux par les toxiques » indique que l'état général est intermédiaire-bon et très hétérogène entre les secteurs. En effet, dans les sédiments des lacs fluviaux (lacs Saint-François, Saint-Louis, Saint-Pierre), de fortes concentrations en métaux (cuivre, zinc, plomb et mercure) et POP, legs des activités industrielles passées, sont mesurables encore aujourd'hui et menacent la santé des organismes benthiques, maillon essentiel de la chaîne trophique. La qualité des sédiments de surface s'est grandement améliorée depuis les années 1970[82,83,84]. Cependant, les sédiments récents recouvrent une importante quantité de sédiments contaminés par le passé qui pourraient être remis en suspension par des événements climatiques ou des activités humaines, telles que le batillage, l'aménagement d'infrastructures riveraines ou le dragage[82,83,84]. Notons toutefois que l'aménagement d'infrastructures riveraines et le dragage sont soumis à plusieurs lois et règlements qui limitent leurs impacts négatifs sur les écosystèmes aquatiques. Dans tous les cas, les poissons peuvent être contaminés par ces contaminants, ce qui peut représenter un risque pour la faune et les citoyens qui les consomment. Aux doses auxquelles les citoyens sont exposés, le risque d'effets

- Contamination de l'eau du fleuve par les toxiques
- Contamination des poissons par les toxiques en eau douce
- Contamination des sédiments des lacs fluviaux par les toxiques

toxiques ou cancérigènes n'a pas été mis en évidence pour les BPC, dioxines, furanes et PBDE. Toutefois, en raison de l'incertitude de l'effet sur la santé de ces contaminants consommés en faibles doses, la prudence est de mise[85].

POLYBROMODIPHÉNYLÉTHERS (PBDE)

Les PBDE sont utilisés comme retardateurs de flamme ajoutés à différentes matrices plastiques, à des résines synthétiques et à des fibres textiles afin de réduire l'inflammabilité d'une multitude de produits de consommation[86]. Les PBDE sont des substances toxiques au sens de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (L.C. 1999, ch. 33)[87]. Des règlements visant la quasi-élimination des groupes homologues les plus bioaccumulables ont été adoptés en 2008 pour les tétraBDE, pentaBDE et hexaBDE et en 2016 pour les décaBDE[87]. Les agglomérations urbaines et les sites d'enfouissement qui reçoivent des matières résiduelles contenant des PBDE sont des sources de PBDE pour le milieu aquatique[88,89].

- Contamination de l'eau du fleuve par les toxiques
- Contamination des poissons par les toxiques en eau douce
- Contamination des sédiments des lacs fluviaux par les toxiques
- État de la population du grand héron - Estuaire et golfe
- État de la population du grand héron – Fleuve
- État de la population de béluga

Dans les sédiments de certains secteurs du lac Saint-Pierre, la concentration en PBDE dépasse toujours le seuil recommandé par le gouvernement fédéral pour la protection de la faune aquatique[83], mais ce contaminant est à la baisse dans la colonne d'eau du fleuve. Les concentrations mesurées dans des poissons de différentes rivières du Québec excèdent souvent les critères pour la protection des poissons eux-mêmes et ceux pour la protection de mammifères et des oiseaux qui s'alimentent de poissons[71,72,87]. En 2019, les PBDE dépassent les critères de toxicité dans les œufs des grands hérons des îles Manowin et aux Hérons et de la Grande Île (fiches « État de la population du grand héron » pour le fleuve et pour l'estuaire et le golfe, dont l'état de l'indicateur global est intermédiaire-bon). Il est également possible que les populations de bélugas de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent soient affectées par ce polluant[90]. Des études toxicologiques ont démontré que les PBDE sont des perturbateurs endocriniens pouvant affecter la reproduction, le système immunitaire, le comportement et le développement des jeunes chez les mammifères marins[90].

- Contamination des poissons par les toxiques en eau douce
- État de la population du grand héron - Estuaire et golfe
- État de la population du grand héron – Fleuve
- État de la population de béluga

BIPHÉNYLES POLYCHLORÉS (BPC)

Les BPC sont des produits chimiques synthétiques, persistants dans l'environnement et bioaccumulables. Ils ont été utilisés comme liquides isolants dans les transformateurs et les condensateurs électriques, comme échangeurs de chaleur et dans diverses autres applications spécialisées jusqu'à la fin des années 1970. Depuis 1977, l'importation, la fabrication et la vente de BPC sont interdites au Canada[87]. Les BPC qui sont présents dans les sédiments du Saint-Laurent proviennent historiquement des rejets industriels des alumineries, des usines de fabrication automobile du secteur de Massena (État de New York)[82] et des fabriques de pâtes et papiers[92].

- Contamination de l'eau du fleuve par les toxiques
- Contamination des sédiments des lacs fluviaux par les toxiques

De fortes concentrations de BPC sont encore présentes dans les sédiments des milieux lacustres du fleuve (lacs Saint-Louis, Saint-François, Saint-Pierre) et s'approchent de la concentration seuil produisant un effet (CSE)[93] sur les organismes benthiques[84] avec quelques dépassements, notamment dans le secteur des îles de Berthier-Sorel[83]. Des BPC sont mesurés dans les poissons des lacs fluviaux et dans les bélugas de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent.

- Contamination de l'eau du fleuve par les toxiques
- Contamination des poissons par les toxiques en eau douce
- Contamination des sédiments des lacs fluviaux par les toxiques
- État de la population de béluga

DIOXINES ET FURANES ET HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)

Les dioxines et furanes chlorés sont des substances toxiques, persistantes et bioaccumulables issues de la combustion[94]. Dans les sédiments du fleuve, les dioxines, furanes et HAP proviennent principalement des incinérateurs et des aciéries[94].

- Contamination des sédiments des lacs fluviaux par les toxiques

Les concentrations moyennes dans les sédiments du lac Saint-Pierre sont inférieures à la concentration seuil produisant un effet (CSE)[93], sauf dans le secteur des îles de Berthier-Sorel[83] qui est un refuge faunique. Les concentrations de dioxines et de furanes dans les poissons des cours d'eau dépassent souvent le critère pour la protection de la faune terrestre piscivore, c'est-à-dire les mammifères et les oiseaux qui s'alimentent de poissons[71,72,87].

- Contamination des sédiments des lacs fluviaux par les toxiques
- État de la population du grand héron - Estuaire et golfe
- État de la population du grand héron – Fleuve

MÉTAUX

L'impact des activités humaines sur les concentrations de métaux est attribuable surtout aux activités industrielles, municipales, aux activités minières et aux sites d'enfouissement[95]. Le mercure (Hg), quant à lui, provient principalement de la mise en eau des réservoirs hydroélectriques[96] et des effluents des usines pétrochimiques et textiles qui ont fortement contaminé les sédiments des lacs fluviaux au xx^{e} siècle[82,83,84]. Selon les fiches « Métaux en cours d'eau » et « Contamination de l'eau du fleuve par les toxiques », dont les indices de l'état sont bons, les critères pour la protection de la vie aquatique concernant les métaux ne sont presque jamais dépassés dans la colonne d'eau du fleuve et des rivières du sud du Québec[97,98]. Toutefois, les concentrations moyennes actuelles des différents métaux (Hg, As, Ni, Cr, Cu, Pb et Zn) dans les sédiments de certains secteurs des lacs fluviaux (dont le secteur de la réserve nationale de faune des îles de la Paix) restent problématiques pour la vie aquatique[84]. En effet, une exposition à des concentrations trop élevées de métaux peut entraîner des effets néfastes aux systèmes nerveux des organismes aquatiques comme les poissons, les amphibiens ou les oiseaux[70]. Les métaux ont aussi la propriété de modifier la structure des communautés benthiques et leurs réponses aux stresseurs environnementaux[99,100] modifiant la base de la chaîne alimentaire.

- Communautés de macroinvertébrés benthiques dans le Nord québécois
- Contamination des sédiments des lacs fluviaux par les toxiques
- Contamination de l'eau du fleuve par les toxiques
- Métaux en cours d'eau

Chez l'humain, le méthylmercure ingéré en trop grandes quantités et de manière répétée peut entraîner plusieurs effets néfastes sur la santé[85]. Les concentrations de mercure sont suivies dans les œufs des grands hérons (fiches « État de la population du grand héron », pour le fleuve et pour l'estuaire et le golfe, dont les indicateurs d'état sont classés intermédiaires-bons) et dans les chairs de poissons de plusieurs lacs et cours d'eau du Québec. Ce dernier suivi démontre que les poissons sont contaminés par le mercure. Le guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce[85] propose des limites de consommation sécuritaires selon les différents sites de pêche au Québec.

- Contamination des poissons par les toxiques en eau douce
- État de la population du grand héron - estuaire et golf
- État de la population du grand héron - fleuve

Dans le Nord québécois, un état de référence est fait afin de déterminer les milieux aquatiques sensibles dont le rôle tampon face aux apports acides est très faible (« Alcalinité des milieux aquatiques dans le Nord québécois »). Cet état de référence montre que l'alcalinité naturelle de l'eau y est généralement très faible, rendant ces milieux aquatiques vulnérables aux apports acides provenant notamment de l'exploitation de certains minéraux.

- Alcalinité des milieux aquatiques dans le Nord québécois

Le bilan de mise en œuvre du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (Q-2, r. 40) au Québec, 2013-2018, démontre que le pourcentage de conformité pour les paramètres inorganiques (métaux, nitrite-nitrates et certains ions) des échantillons prélevés est de 99,4 %[2200]. Un suivi spécial du manganèse entre 2010 et 2014 montre un dépassement de la dernière recommandation canadienne (2019) dans 12 % des stations échantillonnées. Au Québec, actuellement, il n'y a pas de norme pour la quantité maximale de manganèse dans l'eau potable[2200].

- Métaux en cours d'eau

RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS

Les radionucléides sont, entre autres, générés artificiellement par des installations nucléaires et de santé (médecine nucléaire) et des sites de recherche[101]. Les principales sources de radionucléides artificiels dans les eaux de surface et l'eau souterraine sont les installations nucléaires de Gentilly-2 (arrêtées de façon permanente depuis décembre 2012) et des laboratoires de Chalk River, situés du côté ontarien de la rivière des Outaouais. À la suite de leur émission dans l'environnement, les radionucléides peuvent être présents sous forme dissoute ou associés à la phase solide et peuvent être absorbés et accumulés par la faune et la flore ou s'accumuler dans les sédiments[101]. La fiche « Radionucléides artificiels dans les eaux de surface et souterraines », dont l'indicateur est classé intermédiaire-bon, montre que les mesures des radionucléides dans l'eau de surface et souterraine, dans les chairs des mollusques et des poissons, dans les plantes aquatiques et dans les sédiments ne sont pas préoccupantes.

- Radionucléides artificiels dans les eaux de surface et souterraines

SELS DE VOIRIE

La problématique des chlorures dans l'eau provient surtout de l'utilisation sur les routes des sels de voirie en hiver[31], parfois des zones de stockage, ainsi que de l'utilisation de ces sels comme abat-poussière en été. Il est indiqué dans la fiche « Sels de voirie – chlorures et ions majeurs associés » qu'au Québec, chaque année, près de 1,5 million de tonnes de sels de voirie sont utilisées comme déglaçage et antigivrage en hiver. Une fois dissous, alors que les cations (calcium, potassium, magnésium et sodium) sont fixés surtout par le sol, les chlorures, très mobiles, sont lessivés et entraînés vers l'eau souterraine (55 %) et l'eau de surface (45 %). En plus de causer un risque pour le biote[102], cela peut engendrer des coûts importants pour le traitement de l'eau potable et l'entretien des infrastructures[103]. Par exemple, en 2018, le réseau d'aqueduc de la municipalité de Saint-Étienne-des-Grès a dû être prolongé en bordure de l'autoroute 55 en Mauricie pour raccorder des maisons dont les puits étaient contaminés par du sel de déglaçage[104].

- Sels de voirie - chlorures et ions majeurs associés

Mesure SQE 6.1.2: Mesurer l'impact d'activités humaines sur la qualité de l'eau et les milieux aquatiques; Sous-mesure 6.1.2.3 – Mesurer l'impact des sels de voirie et de la toxicité des métaux aux 260 stations du Réseau-rivières. Budget: 132 000 $ pour 2019-2021.

HYDROCARBURES

L'exploration et l'exploitation gazière et pétrolière ainsi que le transport de ces produits[105] se sont accrus en réponse à la demande mondiale[75]. Les conduites et les oléoducs contenant des produits pétroliers, les zones d'élimination des boues, les effluents des raffineries de pétrole, l'épandage des boues résiduaires et le goudron de houille dans les anciens lieux de gazéification[31] sont tous susceptibles de disperser ces hydrocarbures. Ils peuvent être également déversés accidentellement dans l'environnement[31,105,106]. Ainsi,

- État de la population de béluga
- Niveau piézométrique
- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

la navigation (marchande et de plaisance) représente un risque de fuite, d'accidents et de déversements d'hydrocarbures dans l'environnement aquatique[105] et les technologies d'intervention existantes ne suffisent souvent pas à contenir et à récupérer les déversements accidentels, ce qui entraîne des conséquences écologiques importantes sur le milieu marin[106]. Pendant les activités normales, la navigation marchande procède ponctuellement à des rejets[105] et l'exploitation des hydrocarbures contamine la surface de l'eau et les fonds marins avec des métaux lourds et des hydrocarbures avec les torchères et les boues de forage[106]. Même après le démantèlement des plateformes, les règles et les procédures à suivre ne suffisent pas à limiter efficacement les risques environnementaux[106].

Du côté de la navigation, les ports, installations de manutention et zones de chargement et de débardage des navires sont plus susceptibles de recevoir ces contaminants localement et leurs effets cumulatifs pourraient représenter une menace, surtout aux endroits sensibles[105]. D'autres types d'activités peuvent entraîner la contamination de l'eau et des écosystèmes; ce fut le cas, le 6 juillet 2013 à Lac-Mégantic, lorsqu'environ 100 000 litres de pétrole brut ont été déversés à la tête de la rivière Chaudière après le déraillement d'un train[107], provoquant la fermeture d'approvisionnements en eau potable de trois villes et d'usines agroalimentaires le long de la rivière Chaudière. Également, des activités liées au transport, comme la production d'asphalte, les terrains d'entretien de la machinerie et de l'équipement, les mauvaises pratiques de changement d'huile à moteur sont des sources cumulatives d'hydrocarbures dans le réseau hydrique[31]. Dans les eaux souterraines, ce contaminant peut aussi provenir des réservoirs de stockage qui étaient en acier et qui n'avaient pas de protection anticorrosive adéquate avant les années 1980[31] et des terrains contaminés. Lorsque des hydrocarbures contaminent les eaux souterraines et les eaux de surface, celles-ci peuvent devenir impropres à la consommation humaine. En effet, certains composés présents dans les hydrocarbures peuvent avoir des effets nocifs sur la santé s'ils s'y retrouvent en concentration trop élevée.

- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat grossier
- Niveau piézométrique
- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Recharge des eaux souterraines

Perturbations des processus hydrologiques et hydrogéomorphologiques

PERTURBATION DE MILIEUX HUMIDES

En 2013, Pellerin et Poulin[108] ont effectué une analyse de la situation des milieux humides au Québec à partir des données disponibles à ce moment et qui est le reflet de l'état de la situation avant 2010. À ce moment, la superficie totale de milieux humides était évaluée à environ 12,5% de la superficie de la province. Les données disponibles actuellement indiquent qu'elles seraient légèrement inférieures, mais ces résultats demeurent à être confirmés. Dans les basses-terres du Saint-Laurent (BTSL), les milieux humides couvraient 9,5% du territoire selon les estimations faites dans ce rapport. Même si, depuis, les méthodes et les outils disponibles pour l'analyse géomatique du territoire se sont raffinés et qu'un nouveau cadre légal a été adopté, ce rapport demeure à ce jour le document le plus détaillé de l'état de la situation des milieux humides au Québec.

- Espèces floristiques en situation précaire
- Évolution spatio-temporelle des milieux humides
- Suivi de l'occupation du sol

Les milieux humides étant affectés par les activités humaines, on constate que les pertes sont plus importantes dans le sud du Québec, le territoire le plus habité, et sur les sites de grands projets ailleurs sur le territoire. En 2013, l'étude cartographique a révélé qu'au moins 19% de la superficie totale des milieux humides des BTSL a été perturbée sur une période d'environ 22 ans (1990-2011). Il était estimé que, dans la région des BTSL, entre 40% et 80% de la superficie des milieux humides serait disparue en raison des activités humaines (notamment en zone agricole et urbaine)[108]. Des données historiques indiquent que la production d'hydroélectricité au Québec a provoqué la perte de superficies importantes de tourbières par inondation[109].

- Écologie et biodiversité floristique en milieux humides
- Espèces floristiques en situation précaire
- Évolution spatio-temporelle des milieux humides

Deux études publiées en 2004 et 2011 évaluaient qu'environ 11 000 ha de tourbières avaient été drainés pour être transformés à des fins agricoles[109,110]. L'analyse de photos aériennes réalisée à l'époque indiquait que l'agriculture serait responsable de 44 % des pertes de milieux humides, ce qui en ferait la cause principale de destruction de milieux humides à l'échelle des basses-terres du Saint-Laurent[108].

- Écologie et biodiversité floristique en milieux humides
- Espèces floristiques en situation précaire
- Évolution spatiotemporelle des milieux humides

Au Québec, il a été évalué que les activités forestières auraient entraîné le drainage de superficies importantes de tourbières entre 1983 et 2003[109,110]. Ces pratiques peuvent affecter profondément l'assemblage de la végétation à court et à long terme[111,112]. En effet, au Québec, le drainage forestier est pratiqué à la suite de coupes afin d'augmenter les conditions de croissance des épinettes noires (en plantation et naturelles) par le rabattement de la nappe phréatique[110,113]. Dans la région des basses-terres du Saint-Laurent, il avait été évalué, après l'analyse de photos aériennes, que les secteurs de coupes forestières et de plantation identifiés avaient pour la plupart fait l'objet de travaux de drainage[108]. Une étude indique que la coupe d'arbres, à elle seule, n'aurait toutefois qu'un effet temporaire sur l'hydrologie des milieux humides situés hors des milieux hydriques et qu'elle favoriserait en fait la remontée du niveau de la nappe locale puisque les arbres coupés ne contribuent plus à l'abaisser par évapotranspiration[114]. Il est possible de restaurer les tourbières en milieu forestier plus aisément que dans les milieux humides remblayés en milieu urbain, notamment par une simple intervention au niveau des fossés[115].

- Écologie et biodiversité floristique en milieux humides
- Espèces floristiques en situation précaire
- Évolution spatio-temporelle des milieux humides

Au Canada, on estimait en 2011 que de 80 % à 98 % des milieux humides situés dans un rayon de 40 km des centres urbains ont été perdus[110]. Plusieurs de ces milieux ont été drainés ou remblayés. Le drainage des tourbières est habituellement pratiqué en milieu urbain pour stabiliser les sols et accroître la capacité de support aux passages de machinerie lourde, notamment lors de constructions immobilières, de routes, pour la réalisation d'activités industrielles[110] ou des opérations minières, etc. Les effets du drainage, du remblai et de l'imperméabilisation des sols en milieux humides produisent notamment des changements hydrologiques responsables en bonne partie de la perturbation ou de la disparition de milieux humides. Ces pratiques peuvent être à l'origine d'une augmentation de la sédimentation[1] et de la pollution dans ces habitats.

- Écologie et biodiversité floristique en milieux humides
- État trophique des lacs
- Évolution spatio-temporelle des milieux humides

Ces perturbations des milieux humides provoquent des modifications à la végétation présente, comme il est indiqué dans la fiche « Écologie et biodiversité floristique en milieux humides ».

Dans les BTSL, il était évalué en 2013 que les activités industrielles et commerciales ainsi que le développement résidentiel étaient responsables de 9% des pertes de milieux humides[108]. Dans les régions de Montréal et Laval, les activités résidentielles et industrielles auraient contribué de façon importante aux perturbations de ces milieux[108]. À Laval, 73% des superficies de milieux humides inventoriées en zone blanche en 2004 avaient été détruites ou altérées en 2010 par des travaux de remblai ou de drainage[108]. Même s'il était estimé que l'urbanisation affectait seize fois moins de superficies que l'agriculture et la foresterie dans les basses-terres du Saint-Laurent, les dommages causés par l'étalement urbain impliquent dans bien des cas la disparition des milieux naturels par imperméabilisation[108]. La restauration de milieux fortement anthropisés ne permet pas, à court ou moyen terme, de retrouver une diversité et une qualité fonctionnelle équivalente à celles des milieux établis naturellement[115]. Toutefois, il est possible de redonner un aspect plus naturel à des superficies en restaurant certaines des fonctions écologiques perdues ou, lorsque les conditions le permettent, en créant des milieux humides à des endroits où il n'y en a jamais eu[114,116,117].

- Écologie et biodiversité floristique en milieux humides
- Évolution spatio-temporelle des milieux humides
- Pesticides dans les eaux souterraines en milieu agricole

Bien qu'elle représente peu de surface au Québec, la production de canneberges a eu un impact majeur sur les milieux humides avant la modification de ces pratiques agricoles en 2010, entre autres à la suite de la destruction et du drainage de ces milieux pour leur aménagement et la récolte des fruits[118]. Ce drainage a pu également avoir eu des impacts sur les milieux humides des alentours[109]. Du côté de l'industrie de la tourbe horticole, le drainage des tourbières est pratiqué pour faire sécher la tourbe et pour stabiliser les sols pour le passage de la machinerie lourde utilisée pour l'extraction de la tourbe[110]. En 2011, on estimait qu'au Québec 6 000 ha de tourbières avaient été drainés pour cette activité[110]. L'évaluation des superficies affectées est probablement sous-estimée puisque le drainage des tourbières pour l'exploitation peut perturber

- Écologie et biodiversité floristique en milieux humides
- Évolution spatio-temporelle des milieux humides

l'intégrité des zones périphériques non touchées jusqu'à une moyenne de 60 m des canaux de drainage, et ce, sur une longue période[119]. Les perturbations engendrées par l'exploitation de la tourbe sont réversibles, mais les tourbières ne peuvent pas se restaurer naturellement sans intervention humaine[119].

La fiche « Évolution spatiotemporelle des milieux humides », dont l'indicateur dont l'indicateur est en développement, établit actuellement la superficie estimée de milieux humides au Québec à 11 % du territoire. Selon la fiche « Espèces floristiques en situation précaire », toute modification du drainage initial d'un habitat peut compromettre la survie d'espèces floristiques initialement présentes, dont celles qui sont déjà en situation précaire. La perte de milieux humides est retenue comme une pression importante pour le canard noir, espèce ciblée dans la fiche « Population de sauvagine », dont l'indicateur d'état global est intermédiaire. De plus, les pertes et les perturbations des milieux humides, historiques et actuelles, privent les citoyens et la société des fonctions écologiques qu'ils supportent, par exemple des fonctions liées aux cycles de l'eau, dont l'atténuation des crues, le maintien des débits en période d'étiage, la recharge de l'eau souterraine et l'amélioration de la qualité de l'eau[120], aux cycles des éléments chimiques comme le carbone, à la biodiversité nécessaire notamment à la production de biens et services écosystémiques essentiels à l'humain et à l'adaptation face aux changements climatiques. L'importance de ces fonctions écologiques a d'ailleurs été reconnue en 2017 par l'adoption à l'unanimité par le gouvernement de la *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (2017, c. 14; LCMHH)[121].

- Écologie et biodiversité floristique en milieux humides
- Espèces floristiques en situation précaire
- Évolution spatio-temporelle des milieux humides
- Population de sauvagine



Photo: Cédric Villeneuve

DIMINUTION DU COUVERT FORESTIER

Le couvert forestier joue un rôle de premier plan dans la régulation des débits hydriques grâce à la rétention de volume d'eau par les arbres et la captation des précipitations neigeuses[122,123]. La récolte forestière peut augmenter le débit de pointe des cours d'eau puisque la réduction du couvert forestier induit une augmentation de la teneur en eau du sol et du taux de fonte printanière et que le réseau routier contribue à l'augmentation de ces débits[124]. La hausse des débits de pointe cause l'érosion du cours d'eau, y augmentant l'apport de sédiments, ce qui dégrade l'habitat aquatique, dont les frayères et les aires d'alevinage[124,125]. Des études hydrologiques faites dans la forêt Montmorency au Québec ont démontré qu'une récolte de plus de 50% dans un bassin versant de 120 ha augmente significativement les débits de pointe à son embouchure, mais qu'une récolte de 50% dans un bassin versant de moins de 50 ha n'a pas d'effet significatif sur les débits de pointe à son embouchure[126]. Dans les conditions de récolte qui prévalent au Québec, le respect du seuil de 50% de l'aire équivalente de coupe (AEC) permet de maintenir le risque de modification du lit d'une rivière à un niveau faible[127].

- Communautés de macroinvertébrés benthiques dans le Nord québécois
- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat grossier
- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat meuble
- Communautés de poissons du fleuve
- Écologie et biodiversité floristique en milieux humides
- État de la population de sauvagine
- État trophique des lacs
- Indice de qualité morphologique (IQM)
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Seuil de conservation du saumon
- Suivi de l'occupation du sol

La coupe forestière est également inhérente au développement agricole, urbain et industriel. Le couvert forestier est pratiquement absent de plusieurs grandes zones agricoles des basses-terres du Saint-Laurent[128]. Les massifs boisés dans ces milieux permettent aux cours d'eau qui les traversent de récupérer certaines fonctionnalités et devraient être conservés. Ils ont des effets sur la qualité de l'eau, par exemple en ombrageant les cours d'eau, abaissant ainsi la température, et en protégeant les rives de l'érosion[128]. Ils ont également des effets marqués sur l'habitat en favorisant son hétérogénéité[128]. Les apports allochtones de matière organique provenant des feuilles et des arbres qui tombent dans l'eau sont un des éléments illustrant le lien entre les écosystèmes terrestre et aquatique[128]. Les embâcles formés par les débris végétaux favorisent la sinuosité du cours d'eau, amènent des conditions hydrologiques différentes et contribuent à la nourriture des macroinvertébrés benthiques[128].

- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat grossier
- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat meuble
- État des écosystèmes riverains
- Indice de qualité morphologique (IQM)

IMPERMÉABILISATION DES SURFACES

L'urbanisation du territoire peut se traduire par le remplacement des sols perméables (état naturel) par des surfaces imperméabilisées (toits, routes, stationnements, etc.) augmentant le ruissellement de surface et réduisant l'infiltration de l'eau dans le sol et la recharge de la nappe phréatique[129]. L'ajout de surfaces imperméables par les activités humaines augmente le ruissellement vers les cours d'eau et affecte négativement la recharge des eaux souterraines, comme il est indiqué dans la fiche « Recharge des eaux souterraines », dont l'indicateur montre que l'état est bon. Également, la mise en place d'un réseau de drainage urbain affecte le niveau de la nappe phréatique, ce qui entraîne une diminution des débits d'étiage et réduit la capacité de dilution des polluants dans les cours d'eau, dégradant les milieux récepteurs[129].

- Recharge des eaux souterraines
- Régime d'écoulement: étiages

Même si l'influence du territoire sur la qualité de l'eau est multifactorielle[15] et que l'utilisation qui en est faite affecte fortement la qualité de l'habitat[130], il reste que l'augmentation de la densité du réseau routier est corrélée à une diminution de la richesse et de la diversité des poissons, des macroinvertébrés et de l'indice de l'intégrité biotique[131,132]. Par exemple, même si l'habitat semble de bonne qualité, l'indice de l'intégrité biotique est généralement très faible lorsque l'urbanisation occupe au-delà de 10 % à 20 % du territoire d'un bassin versant[130]. L'omble de fontaine, qui est très sensible aux changements dans l'occupation du territoire, tend à disparaître dès que 30 % du bassin versant est occupé par l'humain, selon une étude réalisée sur 100 ans et compilant des données récoltées dans plus de 5 000 bassins versants[133]. Sur un plus petit bassin versant, il est démontré qu'une imperméabilisation de seulement 4 % du territoire fait disparaître cette espèce, puisque l'urbanisation implique la diminution du couvert forestier et l'augmentation de l'imperméabilisation du sol[134]. Les zones urbaines aménagées à proximité des milieux de reproduction de la rainette faux-grillon de l'Ouest ont aussi des répercussions négatives causées par les changements hydrologiques engendrés par l'imperméabilité des sols et la modification du drainage et par l'augmentation de la sédimentation et de la pollution[135].

- Communautés de macroinvertébrés benthiques - substrat grossier
- Espèces sportives des eaux intérieures
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)

Avec une hausse de l'imperméabilisation des surfaces, l'eau des fortes pluies est évacuée plus rapidement vers le réseau hydrique[136], ce qui provoque rapidement l'érosion du lit et des berges des cours d'eau et l'augmentation de la température de l'eau[134]. C'est ainsi que les effets de l'étalement urbain, comme l'imperméabilisation des surfaces, sur les écosystèmes aquatiques génèrent le « syndrome du cours d'eau urbain » dont les symptômes sont des concentrations élevées en nutriments et contaminants[131,136], une altération de la morphologie des cours d'eau[131,136], une diminution de la richesse biote[131,136], une augmentation des espèces tolérantes[136] et des hydrogrammes avec des pics de crue et des étiages extrêmes[131,136].

- Communautés de macroinvertébrés benthiques dans le Nord québécois
- Communautés de macro-invertébrés benthiques – substrat grossier
- Communautés de macro-invertébrés benthiques – substrat meuble
- Espèces sportives des eaux intérieures
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Régime d'écoulement: étiages

Les fiches « Régime d'écoulement: crues » et « Régime d'écoulement: étiages » décrivent la pression que joue l'urbanisation sur les régimes d'écoulement des cours d'eau. Un changement dans ces deux processus hydrologiques peut affecter l'intégrité des écosystèmes[128,132]. L'étiage des cours d'eau est normalement une facette essentielle des écosystèmes aquatiques. La biodiversité peut bénéficier de périodes occasionnelles de basses eaux. Toutefois, des sécheresses prolongées et importantes peuvent avoir des effets néfastes sur l'écosystème en menaçant l'intégrité d'habitats ou la survie de certaines espèces[137]. Il en va de même avec les crues qui donnent accès à des milieux productifs, mais qui peuvent aussi altérer certains habitats fauniques ou floristiques[137] et déloger des animaux, les emportant en aval de leurs habitats préférentiels, comme c'est le cas avec la tortue des bois et la salamandre pourpre[138,139]. Au niveau humain, les inondations causent des dommages aux infrastructures et menacent la santé et la sécurité des personnes ainsi que la protection des biens en contaminant l'environnement immédiat (air et eau potable) des citoyens[140].

- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat grossier
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)
- Régime d'écoulement: crues
- Régime d'écoulement: étiages

REPROFILAGE DES COURS D'EAU

Le processus d'amélioration du drainage des terres agricoles du siècle dernier a mené à la modification de près de 20 000 km linéaires de travaux de linéarisation et de recalibrage dans des cours d'eau (parfois à plusieurs reprises dans le même cours d'eau) et à la création de près de 10 000 km de cours d'eau à des fins de drainage[141,142]. Ces travaux étaient nécessaires à l'époque pour permettre l'évacuation des eaux de ruissellement des terres agricoles et pour le drainage des milieux humides[142]. Ils étaient réalisés autrefois sans considération pour la biodiversité et avec peu de prise en compte des notions d'hydrogéomorphologie dans leur conception. En effet, ils ont entraîné des dysfonctionnements hydromorphologiques et écologiques caractéristiques: une uniformisation des habitats aquatiques (homogénéisation des faciès d'écoulement), une modification importante du régime hydrologique et des contraintes hydrauliques, une incision du lit mineur et une déconnexion du lit majeur (espace d'inondabilité) et des annexes hydrauliques[143]. On estime ainsi que le redressement des cours d'eau a contribué à l'homogénéisation ou à la perte d'habitats aquatiques à l'échelle de la province[142].

- Degré de naturalité des cours d'eau
- Indice de qualité morphologique (IQM)

Un bon état hyrdromorphologique des cours d'eau contribue au bon fonctionnement écologique des milieux hydriques par le renouvellement des habitats aquatiques et renforce leurs capacités d'adaptation au changement climatique. Or, des perturbations hydromorphologiques subies par certains tronçons de cours d'eau en milieu agricole engendrent un état des cours d'eau fortement dégradé[144]. En conséquence, les indices biologiques réagissent fortement aux facteurs hydrogéomorphologiques dans ces tronçons de cours d'eau[145,146,147,148].

- Degré de naturalité des cours d'eau
- Indice de qualité morphologique (IQM)
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

Naturellement, les processus d'érosion et de sédimentation sont nécessaires pour qu'un cours d'eau fonctionne correctement[149]. En milieu agricole, le redressement des cours d'eau et le drainage des terres humides ont eu pour effet d'augmenter les débits de pointe et les vitesses d'écoulement, entraînant une augmentation des phénomènes d'érosion. Le rescindement des méandres, outre la banalisation des habitats, entraîne une incision du lit mineur, une déconnexion des annexes hydrauliques et une aggravation des inondations en aval[143]. La diversité au sein de la communauté de poissons est généralement associée à l'hétérogénéité des habitats disponibles, qui constituent autant de niches écologiques potentielles[150,151,152]. Dans les zones de faibles pentes (par exemple, les basses-terres du Saint-Laurent) qui sont également des régions prisées pour la production agricole, les rivières forment naturellement des méandres générant ce type d'hétérogénéité. La perte de ces méandres lors de travaux de redressement de cours d'eau est particulièrement importante dans les zones agricoles des basses-terres du Saint-Laurent[153,154].

- Indice de qualité morphologique (IQM)
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

Le recalibrage historique des cours d'eau dans une forme simple destinée uniquement à évacuer l'eau le plus vite possible a engendré, outre la perte d'une importante diversité d'habitat aquatique, un déséquilibre dans les processus d'érosion et de sédimentation[143]. Or les pratiques de curage sont encore en cours afin de maintenir ces formes artificielles, non adaptées aux conditions du bassin versant[155], donc de perpétuer un état dégradé et une perte de fonctions écologiques. Toutefois, des mesures alternatives de gestion des cours d'eau agricoles basées sur des concepts hydrogéomorphologiques commencent à être testées au Québec[155].

- État des écosystèmes riverains
- Indice de qualité morphologique (IQM)

TRAVAIL DES SOLS AGRICOLES

Le travail conventionnel, à l'inverse du semis direct ou du travail réduit du sol, est un travail intensif du sol. Puisqu'il laisse peu de résidus en surface, il accentue les risques de dégradation des sols, pouvant ainsi entraîner des impacts économiques et environnementaux[156]. Les phénomènes d'érosion et de ruissellement sont accentués sur les terres agricoles régies de façon conventionnelle. En effet, ce type de régie laisse les sols à nu lors de la période où ceux-ci sont les plus vulnérables, soit l'automne, l'hiver et le début du printemps. Principalement lors de la fonte des neiges et des fortes pluies d'automne, il peut être observé jusqu'à 75% des pertes de sol par érosion et 50% des pertes de sol par ruissellement[157]. Ces phénomènes transportent de grandes quantités de sol vers les cours d'eau, augmentant leur concentration en phosphore, en matières en suspension et leur turbidité[157]. Les cultures annuelles à grand interligne, représentées notamment par des cultures à grain, sont plus susceptibles aux pertes de sol par ruissellement en raison de l'espacement plus grand réservé à ce type de culture. Une grande superficie des terres cultivables du Québec est destinée à ces cultures, soit près de 1 million d'hectares en moyenne chaque année[158]. Toutefois, l'adoption des pratiques du travail réduit du sol, qui vise à augmenter la couverture de résidus au sol afin de diminuer les risques d'érosion hydrique, par les producteurs agricoles de certains secteurs d'activité est en progression. À titre d'exemple, la proportion des superficies en cultures annuelles pratiquant le travail réduit du sol est passée de 36% en 1998 à 48% en 2007[159].

- Physicochimie et bactériologie des cours d'eau en milieu agricole
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Physicochimie et bactériologie des tributaires du fleuve

L'absence de bandes riveraines ou leur faible quantité (largeur, composition) accentuent l'érosion des rives[160]. Bien que plusieurs agriculteurs respectent la bande de végétation riveraine de 3 m, force est de constater que cela n'est pas toujours le cas[161]. En outre, cette bande est souvent constituée d'herbacées et régulièrement fauchée et labourée. En effet, la proportion des entreprises déclarant conserver une bande non labourée d'au moins 3 m à partir du haut du talus d'un cours d'eau était de 61% en 2007[159].

- Degré de naturalité des cours d'eau
- État des écosystèmes riverains
- Physicochimie et bactériologie des cours d'eau en milieu agricole
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Physicochimie et bactériologie des tributaires du fleuve

Les surplus sédimentaires apportés par le lessivage des sols agricoles, composés principalement de sédiments fins, ont des impacts directs sur la biodiversité aquatique. Ils viennent colmater les habitats aquatiques et perturber les organismes (par exemple, par asphyxie des œufs de poisson). De plus, cet apport anthropique de sédiments dans les cours d'eau agricoles engendre une sur-sédimentation, principalement dans les petits cours d'eau en tête de bassin versant, qui nécessite alors des opérations de nettoyage fréquentes[141] et coûteuses pour s'assurer que les sorties de drains ne soient pas obstruées par les sédiments[155]. Chaque curage vient perturber à nouveau l'écosystème aquatique en provoquant notamment une modification de l'hydrogéomorphologie et l'homogénéisation des habitats.

- Degré de naturalité des cours d'eau
- Indice de qualité morphologique (IQM)
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

Finalement, l'agriculture au Québec nécessite des systèmes de drainage de surface et souterrains afin d'obtenir des conditions optimales de culture. Par contre, l'évacuation rapide des surplus en eau des parcelles cultivées modifie le régime normal d'écoulement des eaux en accélérant le parcours d'une portion des eaux de précipitations et des eaux souterraines[162].

- Indice de qualité morphologique (IQM)

ARTIFICIALISATION DES BERGES ET DU LITTORAL

Comme le mentionne la fiche « État des écosystèmes riverains », de nombreuses activités anthropiques ont eu des impacts sur les écosystèmes riverains des cours d'eau et les ont parfois considérablement modifiés. Des activités comme la construction d'infrastructures, tels des murets ou des enrochements, et l'imperméabilisation des surfaces à proximité des cours d'eau modifient les processus naturels d'écoulement, d'érosion et de sédimentation, augmentent le ruissellement[163,164] et les températures de l'eau[128,132], exacerbent les menaces liées à la pollution d'origine agricole et urbaine[163,164] et empêchent la mobilité des cours d'eau. Mentionnons que cette artificialisation concerne également le milieu maritime. Ces activités détruisent des habitats riverains et aquatiques[165], elles limitent la disponibilité de composantes de l'habitat qui sont essentielles au déroulement du cycle vital de certaines espèces de tortues[138,166,167,168,169] et contribuent aux menaces sur des espèces végétales et animales en situation précaire[40,73,74,163,164,170,171,172,173,174].

- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat grossier
- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat meuble
- Espèces floristiques en situation précaire
- État des écosystèmes riverains
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)
- Suivi de l'occupation du sol

Par exemple, la perte de la bande riveraine par l'artificialisation des berges peut augmenter suffisamment le débit d'un cours d'eau pour limiter l'utilisation de l'habitat par certaines espèces de poissons ou encore modifier l'abondance ou la composition des communautés benthiques dont ils se nourrissent[163,164] ou créer, du fait même, des passages infranchissables nuisant à la répartition des espèces, comme c'est le cas pour le méné d'herbe[73]. Les interventions dans les cours d'eau ou aux abords de ceux-ci contribuent aussi à uniformiser les milieux, au détriment des macroinvertébrés benthiques et des autres organismes aquatiques[128,132].

La fiche « Degré de naturalité des cours d'eau », dont l'indicateur intègre la naturalité du bassin versant et celle des rives, affiche un état intermédiaire-mauvais. Elle indique que, pour l'ensemble des basses-terres du Saint-Laurent, la plupart des cours d'eau possèdent un degré de naturalité généralement faible, c'est-à-dire que des fonctions spécifiques aux rives sont altérées. Ce sont, par exemple, des fonctions d'écran solaire, d'apport en débris ligneux (pour l'habitat de certaines espèces) ou de rétention de sédiments. Notons également que, dans la fiche « Suivi de l'occupation du sol », dont l'état de l'indicateur est globalement jugé intermédiaire, mais variable selon les tronçons, les rives du Saint-Laurent tendent à s'urbaniser au détriment des milieux naturels. Les ouvrages et les infrastructures anthropiques en rives affectent la continuité écologique des organismes riverains, car les berges constituent un corridor écologique très important[175]. Outre l'urbanisation, l'agriculture sur le littoral et les zones inondables des cours d'eau a un impact important sur les habitats et la qualité de l'eau, particulièrement en ce qui concerne les cultures intensives. Par exemple, dans le littoral et la plaine inondable du lac Saint-Pierre, plusieurs milliers d'hectares ont été convertis en cultures annuelles (maïs, soya) peu propices à la faune, comme la perchaude, qui montre un déclin marqué de sa population[17,176]. L'utilisation intensive de la plaine d'inondation par l'agriculture intensive a aussi pour effet de réduire la qualité des habitats de reproduction du grand brochet dans le littoral du lac Saint-Pierre[177].

- Degré de naturalité des cours d'eau
- État des écosystèmes riverain
- Indice de qualité morphologique (IQM)
- Suivi de l'occupation du sol

À plus grande échelle, l'érosion côtière est un phénomène naturel pouvant être exacerbé par des interventions humaines telles que la dénudation des surfaces en littoral, la concentration de l'écoulement des eaux et la présence de structures faisant obstacle à la circulation naturelle des sédiments sur le littoral[178]. L'érosion côtière, accélérée par l'augmentation du niveau de la mer, la diminution du couvert de glace et les tempêtes plus fréquentes et plus intenses[179], entraîne la perte d'habitat essentiel pour certaines espèces floristiques, comme le chardon écailleux, une espèce menacée au Québec[180]. L'érosion des côtes entraîne aussi la perte de terrains et endommage les équipements, les infrastructures et les ouvrages de protection des côtes, engendrant des coûts importants pour les particuliers et les gouvernements[181]. Les principales régions touchées par l'érosion côtière sont la Côte-Nord, le Bas-Saint-Laurent, la Gaspésie et les îles de la Madeleine. Dans l'horizon 2015-2064, une perte économique de 1,5 milliard de dollars liée à l'érosion côtière au Québec est prévisible si aucune nouvelle mesure d'adaptation n'est mise en place et que les ouvrages actuels ne sont pas entretenus[182]. Une étude datant de 2014 indique que 34 km de routes dans l'est du Québec sont à risque d'être affectés par un seul événement érosif. D'ici 2100, 123 km supplémentaires seraient exposés[183].

- Évolution spatiotemporelle des milieux humides

Mesure SQE 3.2.1: Cartographier les zones de vulnérabilité aux inondations et à l'érosion des berges et des côtes du Saint-Laurent (MELCC), avec un budget de 4,8 M$.

BARRAGES ET SEUILS

La continuité écologique comporte la libre circulation des organismes et des sédiments, ainsi que le transport des débris ligneux. De nombreux ouvrages transversaux, notamment les barrages et les seuils, affectent cette continuité en la bloquant complètement ou partiellement[184]. En effet, la construction et l'exploitation de barrages et l'aménagement de seuils ont un impact sur le régime hydrologique, le transport sédimentaire, l'hydrogéomorphologie des cours d'eau et modifient les écosystèmes aquatiques[143,150,185,186]. Comme le mentionne la fiche « Hydraulicité: Q moyen annuel », les barrages tendent en général à laminer les pointes de crues alors qu'ils tendent à diminuer la fréquence, magnitude et durée des étiages[187,188] s'ils disposent d'une capacité de stockage suffisante pour contenir le volume des crues en provenance de petits bassins versants[187]. Les barrages peuvent aussi modifier les caractéristiques des débits moyens annuels[189].

- Hydraulicité: Q moyen annuel
- Indice de qualité morphologique (IQM)
- Régime d'écoulement: crues

Du côté du fleuve, la régularisation du niveau d'eau vise à réduire les crues printanières, faciliter la navigation commerciale et produire de l'énergie hydroélectrique[73,190]. Cela provoque des pertes d'habitat pour les poissons en eau calme et en eau vive à proximité du barrage[190], mais coupe aussi des voies de migration vers des habitats essentiels pour leur cycle de vie, engendrant une fragmentation du paysage, donc de graves pertes de connectivité. Les pertes de connectivité sont bien représentées par l'anguille, dont l'abondance a décliné de façon spectaculaire au Québec et ailleurs dans le monde[191]. Par ailleurs, dans le Saint-Laurent, l'état global des communautés benthiques est jugé intermédiaire pour les quatre régions suivies, dont le lac Saint-Pierre où les fluctuations interannuelles sont importantes et où l'habitat riverain de ces organismes est fortement influencé par l'amplitude du niveau d'eau.

- Communautés de poissons du fleuve
- Communautés des macroinvertébrés benthiques riverains
- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

La fluctuation du niveau d'eau, la sédimentation et l'érosion des berges résultant de la construction et de l'exploitation des barrages sont des facteurs pouvant détruire la végétation aquatique ou réduire sa densité[73]. La régularisation du débit de la rivière des Outaouais depuis 1911 a modifié le régime naturel d'écoulement du Saint-Laurent, en diminuant le niveau moyen des crues printanières du lac Saint-Pierre d'environ 0,75 m et en réduisant sa durée d'environ trois semaines[192]. La diminution des marais

- Communautés de poissons du fleuve
- Espèces floristiques en situation précaire
- Population de sauvagine
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

le long du Saint-Laurent[190] contribue, entre autres, à la réduction des populations de sauvagine, comme le canard noir[193] et réduit, en combinaison avec l'utilisation du sol à des fins d'agriculture intensive, le potentiel d'habitat de reproduction du grand brochet[177]. Le lac Saint-Jean est lui aussi soumis à une forte régularisation de son niveau d'eau depuis 1926, qui a entraîné une disparition de la végétation riveraine sur de grandes surfaces et qui a été accompagnée par une forte érosion des rives et une perte de production des petits poissons fourrage qui sont à la base de la production piscicole[194].

Les obstacles transversaux causent aussi un changement de régime d'écoulement; ainsi, un faciès d'écoulement turbulent ou lotique fera place à un faciès lentique[143]. Leur présence entraîne également des dysfonctionnements hydrogéomorphologiques par un trappage des sédiments en amont et un déficit sédimentaire en aval pouvant provoquer, par exemple, une incision du lit et une augmentation de l'érosion des berges[150,195]. Cela induit d'importants changements sur tout l'écosystème aquatique, notamment sur la végétation riveraine ainsi que sur les communautés de macroinvertébrés et de poissons[73,197,198,199]. Les changements d'écoulement (magnitude, fréquence, durée, horaire et taux de changement) causent une diminution de la valeur écologique (abondance, diversité et paramètres démographiques) dans 92 % des études alors que 13 % démontrent le contraire[200]. Par exemple, dans les réservoirs en amont des barrages, un abaissement du niveau de 2 m, en hiver, peut exonder les œufs des frayères à touladi et compromettre leur reproduction[201]. Également, les barrages comportant des mécanismes de modification des débits ont un effet négatif sur les populations de poissons situées en aval (stress physiologique, perturbation de la reproduction ou mort) et positif sur les espèces nécessitant un faible débit, comme le fouille-roche gris[163,164].

- Communautés de macroinvertébrés benthiques- substrat grossier
- Communautés de macroinvertébrés benthiques - substrat meuble
- Indice de qualité morphologique (IQM)
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

TRANSPORT TERRESTRE

Les routes, les chemins, les sentiers[135], les canalisations, les ponts mal construits, le rétrécissement d'un cours d'eau à la suite d'un remblayage et les ponceaux mal aménagés[40,73] modifient les trames d'écoulement et la dynamique hydrique des habitats (processus morphologiques naturels, niveaux d'eau et vitesses en amont comme en aval, fragmentation du réseau hydrique résultant en une perte de connectivité d'habitats)[40,73,135]. Même l'entretien des fossés en bordure des routes peut perturber certaines espèces et rendre leur habitat inutilisable[135].

- Indice de qualité morphologique (IQM)
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)

L'augmentation de la densité du réseau routier et des sentiers contribue à la fragmentation de l'habitat et fait obstacle à la dispersion des espèces[135]. À titre d'exemple, le ministère des Transports du Québec est responsable de l'entretien de 2 463 ponts sur son propre réseau. Ce nombre exclut les ponts du réseau municipal ou ferroviaire et les ponts privés[104]. Les effets du réseau routier ont été évalués sur la connectivité des frayères et des nourriceries du grand brochet dans la plaine d'inondation du lac Saint-Pierre[202]. L'analyse révèle une fragmentation des habitats à fort potentiel situés de part et d'autre des routes lorsque le débit printanier du fleuve à Sorel dépasse 12 000 m^3s^{-1}. Les mesures de connectivité entre les habitats soulignent l'importance des ponceaux fonctionnels et du réseau hydrographique de la zone littorale, éléments essentiels à l'interconnexion des habitats.

- Indice de qualité morphologique (IQM)
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)

L'aménagement et l'entretien des ponceaux peuvent avoir une influence sur la qualité de l'habitat aquatique, notamment en augmentant les sédiments du cours d'eau[127]. L'apport en sédiments par les infrastructures de voirie forestière (chemins et traverses de cours d'eau) est la principale menace pesant sur la qualité du milieu aquatique liée aux activités d'aménagement forestier[127]. La méconnaissance de l'état actuel de ces infrastructures, qui sont souvent insuffisamment entretenues ou abandonnées après la récolte forestière, représente un frein à une gestion efficace du réseau de la voirie forestière et de ses impacts sur les habitats aquatiques[127]. Les ponceaux désuets[127] ou mal

- Indice de qualité morphologique (IQM)
- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)
- Seuil de conservation du saumon

aménagés limitent l'accès à des habitats qui peuvent être importants pour certaines espèces[48,163,164,203] et présents en grande quantité dans les aires de fraie, d'alevinage et de croissances des juvéniles des salmonidés[203].

INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT EN LITTORAL

L'écoulement est également affecté par le développement d'infrastructures portuaires et routières plus importantes comme les îles d'Expo 67, l'île aux Sternes, le quai de Bécancour et celui de Portneuf[204]. Ces infrastructures à caractère permanent peuvent avoir des impacts majeurs sur des espèces sensibles. Par exemple, le bar rayé, qui semble n'avoir que deux frayères pour soutenir l'ensemble de sa population, pourrait être hautement affecté si l'une d'entre elles était touchée par des projets d'infrastructures[105]. En effet, la fiche d'indicateur « Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent », dont l'indicateur est classé intermédiaire-bon, mentionne l'entretien ou la construction d'infrastructures portuaires comme une pression potentielle importante sur l'espèce. De plus, certaines infrastructures apparemment franchissables, comme le pont-tunnel Louis-Hippolyte-La Fontaine, représentent des barrières pouvant affecter négativement certaines populations de poisson, les empêchant d'accéder aux aires de fraie situées en amont[204]. Il arrive toutefois que ces infrastructures protègent des espèces sensibles contre des compétiteurs, des prédateurs ou des espèces exotiques[73,163,164]. Pendant les travaux de dragage périodiques pour l'entretien de la voie maritime ou d'autres infrastructures, l'augmentation de la turbidité peut perturber certaines espèces[81]. En ce sens, environ 300 installations sur le Saint-Laurent (rampes d'accès, quais, ports, chenaux d'accès, clubs nautiques ou d'avirons et services apparentés) sont utilisées pour la navigation de plaisance[205]. Dans le port de Montréal, entre 2000 et 4000 m^3 de sédiments sont dragués annuellement pour maintenir une profondeur aux abords des quais[205].

- Indice de la qualité morphologique (IQM)
- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)



DRAGAGE

Bien qu'elles soient nécessaires pour la navigation, les activités de dragage détruisent les habitats aquatiques là où les sédiments sont enlevés et perturbent le milieu là où les sédiments sont déposés. L'exemple le plus marquant concerne le creusage et l'aménagement du chenal de navigation du Saint-Laurent qui a modifié considérablement la bathymétrie, ainsi que les patrons d'écoulement de l'eau et le niveau d'eau du fleuve[40,73,204,206,207]. Dans la portion fluviale, la majorité du débit est maintenant concentrée dans le chenal principal, réduisant la vitesse des courants dans les secteurs peu profonds du fleuve, ce qui augmente les dépôts sédimentaires[73]. L'abaissement général du niveau d'eau a engendré des pertes d'herbiers riverains et d'habitats propices à la reproduction des poissons[73,204]. Par exemple, le dérangement du milieu aquatique par les activités de dragage et de délestage du matériel dragué est démontré dans la portion fluviale du Saint-Laurent entre Boucherville-Sorel et Trois-Rivières[204] ainsi que dans l'estuaire moyen au sud de l'île Madame (Berthier-sur-Mer), où une pression négative s'exerce sur les populations d'anodontes du gaspareau et d'autres espèces de moules[174], ainsi que sur divers stades de vie de poissons tels que les esturgeons[208].

- Espèces floristiques en situation précaire
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

BATILLAGE

Comme l'indique la fiche « Mobilité de la ligne de rivage du fleuve », le batillage créé par le passage des navires et des embarcations de plaisance accentue le phénomène d'érosion dans le Saint-Laurent[209,210,211]. En effet, selon une étude publiée en 2000, les sédiments en suspension dans le Saint-Laurent à la hauteur de Québec (1989-1993) proviennent de l'érosion du lit et des rives du Saint-Laurent (65 %), soit principalement de la région du canal de Beauharnois et entre l'embouchure du lac Saint-Pierre et Portneuf, puis des tributaires des rives sud (19 %) et nord (13 %) et du lac Ontario (3 %)[213]. D'ailleurs, les différents processus d'érosion sont probablement toujours actifs et possiblement en croissance, puisqu'une hausse importante de la turbidité et des matières en suspension est observée entre 1995 et 2017 le long du tronçon fluvial.

- Mobilité de la ligne de rivage du fleuve
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve

Le batillage cause la dégradation des berges et réduit la qualité et la diversité des habitats, puisque ce type d'érosion constante en saison estivale inhibe l'établissement de la végétation aquatique[105]. Le phénomène est perceptible jusqu'à une distance de 800 m de la voie navigable[205,214], ce qui représente 15 % des berges entre Cornwall et Montmagny[105,214]. Entre 1964 et 1983, le batillage était responsable de 60 % de l'érosion de ces rives exposées sur l'ensemble du tronçon, mais jusqu'à 85 % dans le secteur Montréal-Sorel qui soutient des zones de grande valeur biologique[105,214]. Dans ce dernier secteur, entre 1983 et 1997, l'érosion par le batillage s'est améliorée et est passée à 36 % dans certaines zones[205]. L'érosion causée par les navires est l'une des principales menaces pour les espèces végétales en situation précaire telles que la gentiane de Victorin[171], l'ériocaulon de Parker[172], la cicutaire de Victorin[173] et l'arisème dragon au Québec[170]. Pour limiter et étudier le batillage, une mesure volontaire de réduction de la vitesse des navires a été mise en place à l'intérieur d'un tronçon de 25 km dans le secteur Sorel-Varennes où les rives sont sensibles à l'érosion[209]. Bien qu'elle soit volontaire, cette mesure semble être respectée par une majorité de navires et contribue à réduire l'érosion des rives[209], même si l'incertitude des facteurs entraînant cette érosion est importante[209,210,211].

- Espèces floristiques en situation précaire
- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent



Photo : Simon Lebrun

PRÉLÈVEMENTS D'EAU

Les pressions que représentent les prélèvements sur les ressources en eau fluctuent en fonction de la disponibilité de la ressource qui varie, elle aussi, spatialement et temporellement[215]. À l'égard de la pression des prélèvements, c'est au mois de juillet que les volumes prélevés dominent (9,9% du total annuel), alors qu'ils sont à leur plus faible au mois de février (7,2% du total annuel). Quant à la disponibilité, les périodes d'étiage, c'est-à-dire de faible disponibilité en eau, surviennent à la fin de l'été (août et septembre) et pendant l'hiver (février). Pendant ces périodes, les prélèvements peuvent exacerber la sévérité des étiages et entraîner des problèmes de disponibilité en eau, comme une accentuation des déficits hydriques, un abaissement des nappes ou une altération de la qualité de l'eau[216,217], et causer une pression sur les écosystèmes aquatiques[218]. Dans certains cas, la faible disponibilité de l'eau peut mener à des conflits d'usages[218].

- Niveau piézométrique
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)
- Recharge des eaux souterraines
- Régime d'écoulement: étiages

Selon les données de la déclaration annuelle des prélèvements d'eau, les secteurs municipal (59%) et industriel (27%) représentent la majeure partie des prélèvements en eau au Québec. Il est à noter que les prélèvements du secteur municipal peuvent inclure ceux d'autres activités économiques qui s'approvisionnent au réseau municipal. La part restante (14%) est partagée entre les secteurs agricole, commercial et institutionnel et les autres utilisateurs de l'eau. Une partie de l'eau prélevée est retournée au cours d'eau, alors qu'une autre est consommée, c'est-à-dire qu'elle est retirée du système hydrologique de façon permanente. Ce volume varie en fonction de l'utilisation de l'eau. Pour le secteur municipal, on estime la consommation à 15% du volume prélevé en moyenne, alors qu'on l'estime à 10% pour le secteur industriel[219] et qu'elle varie autour de 80% pour l'élevage et de 90% pour l'irrigation. Lorsqu'on tient compte de la consommation, le secteur industriel représente 22% de la quantité totale d'eau utilisée au Québec alors que le secteur municipal en représente 63%.

- Niveau piézométrique
- Recharge des eaux souterraines

Le bilan de mise en œuvre du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (Q-2, r. 40) 2013-2018 montre que plus de 75 % de la population du Québec, soit 6,3 millions de personnes, est approvisionnée par une eau potable provenant d'eau de surface (fleuve, rivières ou lacs). Le Saint-Laurent est à lui seul la source d'approvisionnement de plus de 3 millions de personnes, soit 36 % de la population québécoise. Un peu plus d'un million de personnes sont desservies par un réseau municipal d'eau potable s'approvisionnant en eau souterraine et environ 800 000 personnes sont munies de leur puits individuel[67].

- Indice de la qualité morphologique (IQM)
- Niveau piézométrique
- Recharge des eaux souterraines
- Régime d'écoulement: étiages

Dans le sud du Québec, environ 30 % des prélèvements agricoles sont effectués en eaux de surface, comparativement à 70 % en eaux souterraines. Toutefois, ces proportions varient largement d'une région à l'autre selon la qualité et la quantité des sources d'eau. Plus précisément, l'approvisionnement en eau souterraine à des fins agricoles est évalué à 20,4 millions de mètres cubes par an pour l'irrigation et 1,6 million pour l'élevage[220]. Mentionnons que le secteur de l'élevage dépend directement des eaux souterraines.

- Régime d'écoulement: étiages

Dans la fiche « Niveau piézométrique », dont l'indicateur est classé bon, il est indiqué que le prélèvement d'eau souterraine provoque le rabattement des niveaux d'eau autour de l'ouvrage, soit une baisse des niveaux piézométriques. Selon les conditions hydrologiques locales, ce rabattement peut affecter les niveaux d'eau dans les autres ouvrages qui se trouvent dans la zone d'influence du prélèvement, mais aussi affecter le niveau d'eau ou le débit de certains éléments du milieu hydrique environnant. Dans ces conditions, une grande densité de sites de prélèvement risque donc de créer un effet cumulatif susceptible d'abaisser la piézométrie régionale et d'affecter l'environnement hydrique. Aussi, un pompage intensif dans des aquifères qui dépendent en partie de la recharge en provenance de milieux humides peut entraîner l'assèchement de ces milieux de même que l'assèchement saisonnier du lit des cours d'eau et la dégradation des milieux humides qui leur sont associés[75]. Le captage de l'eau souterraine est donc susceptible d'affecter, par exemple, les salamandres de ruisseaux en réduisant la disponibilité en eau dans leur

- Niveau piézométrique
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)

habitat et en modifiant le régime naturel des fluctuations de l'eau. Ces modifications pourraient provoquer une perte ou une dégradation de l'habitat, ainsi qu'une mortalité significative en raison de la capacité de dispersion limitée de ces animaux[139,221].

Également, les prélèvements, lorsqu'ils sont réalisés dans des petits cours d'eau, peuvent influencer les débits moyens estivaux et les étiages et avoir des répercussions l'écosystème aquatiques[222]. À une large échelle temporelle et spatiale, les impacts de ces ponctions semblent avoir peu d'effet; toutefois, les petits cours d'eau secondaires peuvent être affectés par certaines pratiques de ponction d'eau. De plus, à l'échelle temporelle quotidienne, des épisodes de ponctions peuvent représenter le plus fort pourcentage des débits d'étiage de certains cours d'eau[223]. L'altération de la composition des communautés d'invertébrés est la réponse la plus commune à une modification du régime hydrologique[222].

- Communautés de macroinvertébrés benthiques dans le Nord québécois
- Communautés de macroinvertébrés benthiques - substrat grossier
- Communautés de macroinvertébrés benthiques - substrat meuble
- Hydrolicité: Q moyen annuel
- Régime d'écoulement: étiages



Photo: Yves Laporte

Espèces envahissantes

Selon les résultats de la fiche « Indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes », dont l'état associé à l'indicateur est intermédiaire, la tendance linéaire de la courbe d'invasion montre une augmentation constante d'espèces aquatiques envahissantes dans les eaux douces du Saint-Laurent. Par contre, du côté maritime, la tendance est stable selon la fiche « Suivi des espèces aquatiques envahissantes marines dans le Saint-Laurent » dont l'indicateur d'état est jugé intermédiaire-bon.

- Indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes
- Suivi des espèces aquatiques envahissantes marines dans le Saint-Laurent

La navigation commerciale est considérée comme la cause principale d'introduction d'espèces exotiques envahissantes (EEE) dans les milieux aquatiques[224]. Depuis l'ouverture de la voie maritime, en 1959, le relargage des eaux de ballast contaminées est impliqué dans plus de 65 % des introductions d'espèces non indigènes dans les Grands Lacs, soit 43 espèces animales et protistes non indigènes[224]. Malgré l'entrée en vigueur de la *Régulation sur l'eau de ballast* en 1982[224,226] et ses versions subséquentes, le nombre d'espèces s'établissant dans les Grands Lacs n'a cessé de croître[224]. Ces nouvelles réglementations ont eu comme conséquence d'augmenter la prévalence des organismes benthiques euryhalins (qui peuvent vivre dans des eaux de salinité variable)[224] ou des espèces viables en latence[226]. Ces espèces se retrouvent dans les eaux résiduelles et les sédiments des réservoirs non lestés (non réglementés) pouvant contenir des cystes, des spores, des œufs, des algues, des crustacés et d'autres invertébrés[224].

- Indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes
- Suivi des espèces aquatiques envahissantes marines dans le Saint-Laurent

Les espèces envahissantes, exotiques ou non[227,228], peuvent être introduites dans un nouveau milieu aquatique par d'autres vecteurs que la navigation commerciale[226,228,229] soit l'ensemencement[228,229], l'industrie agroalimentaire des poissons vivants[226,229], les canaux et dérivations[226,228,229] et l'évasion ou le relâchement de plantes, poissons, invertébrés vivants par l'aquaculture[226,229], l'aquariophilie[226,228,229,230], les appâts[226,229], les étangs ornementaux[228,229,230], la navigation de plaisance[226,228,229,230] et la pêche[226].

- Indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes
- Plantes aquatiques exotiques envahissantes

La pêche et la chasse contribuent aussi à propager des espèces entre les plans d'eau par les embarcations, l'équipement et l'habillement[227,228], l'utilisation d'appâts vivants (vers, poissons, etc.)[226] ou l'ensemencement[228]. Par exemple, comme le mentionne la fiche « Espèces sportives des eaux intérieures », dont l'indicateur est classé intermédiaire, l'introduction d'espèces de poisson compétitrices, comme l'achigan à petite bouche dans un lac à touladi, peut représenter une menace pour le maintien de cette population indigène, car cette introduction modifie les ressources alimentaires disponibles. Puisque plusieurs organismes d'eau douce peuvent survivre quelques jours dans un environnement humide, l'utilisation répétée de l'équipement non lavé ou qui n'a pas été séché adéquatement entre chaque utilisation, est un facteur de propagation important[228]. Les plaisanciers et les amateurs d'activités de plein air (comme la plongée, les randonnées de canot ou le kayak) sont un autre exemple de vecteur contribuant à la dispersion des espèces envahissantes[227,230]. Par exemple, des fragments de myriophylle à épis peuvent être transportés d'un lac à un autre s'ils restent accrochés au moteur ou à d'autres parties submergées des bateaux de plaisance[231] et contribuer à modifier la végétation aquatique de ces lacs[73,232].

- Espèces sportives des eaux intérieures
- Indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes
- Plantes aquatiques exotiques envahissantes
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Seuil de conservation du saumon

L'introduction et l'établissement d'espèces exotiques envahissantes dans les écosystèmes aquatiques entraînent des impacts majeurs souvent irréversibles. Ils constituent une menace réelle pour la biodiversité de ceux-ci, principalement pour les espèces vulnérables et menacées[233], comme le fouille-roche gris et le méné d'herbe (vulnérables au Québec) ou le chevalier cuivré et le dard de sable (menacés au Québec) qui sont perturbés par le gobie à taches noires[40,73,74,163], comme l'indique la fiche « Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce) », dont l'indicateur est classé intermédiaire. Il y est également indiqué que les espèces introduites exercent une prédation sur les espèces indigènes ou entraînent une compétition accrue au sein de l'écosystème pour les habitats et les ressources alimentaires. Cela a pour effet de bouleverser la chaîne trophique en place dans l'écosystème, affectant ainsi la plupart des individus des communautés le composant[163]. Les poissons[40,48,73,74,163,234], comme le chevalier cuivré, le doré

- Communautés de poissons du fleuve
- Espèces floristiques en situation précaire
- Espèces sportives des eaux intérieures
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)
- Seuil de conservation du saumon

ou le saumon[48,74,234], les amphibiens comme la rainette faux-grillon de l'Ouest, les moules d'eau douce comme l'anodonte du gaspareau[235,236], les macroinvertébrés[233] ainsi que les plantes[234] sont affectés par ces pressions qu'exercent les espèces envahissantes.

Mesure SQE 2.4.3: Consolider son approche et rehausser sa capacité d'intervention pour lutter contre les carpes asiatiques et les autres espèces aquatiques envahissantes (MFFP), avec un budget de près de 5,3 M$ sur trois ans.

Certaines EEE peuvent perturber l'hydrologie, comme les denses colonies de roseau commun[135]. Selon les résultats présentés dans la fiche « Plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) », dont l'indicateur d'état est intermédiaire, sept PAEE sont maintenant présentes en milieu naturel au Québec, soit la châtaigne d'eau, le faux-nymphéa pelté, l'hydrocharide grenouillette, le myriophylle à épis, la petite naïade, le potamot crépu et le stratiotes faux-aloès.

- Plantes aquatiques exotiques envahissantes
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)

La présence de plantes et d'animaux exotiques envahissants dans les cours d'eau peut également affecter les activités récréatives qui y sont normalement pratiquées[238]. Par exemple, la châtaigne d'eau, dont les populations forment des couverts denses à la surface des lacs et des rivières, peut causer des désagréments aux usagers lors de la pratique d'activités comme la nage, la pêche et le canotage[239].

- Espèces sportives des eaux intérieures
- Plantes aquatiques exotiques envahissantes

Mesure SQE 2.4.1: Lutter efficacement contre les plantes exotiques envahissantes (MELCC), avec un budget de 7 M$.

L'obstruction des prises d'eau potable par les moules dreissenidés (moules zébrées et moules quaggas) peut causer ou exacerber des problèmes d'approvisionnement et des dommages aux embarcations lorsque plusieurs moules dreissenidés s'y fixent, en plus des risques de blessures que représente la coquille coupante de cette espèce.

- Indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes

Ce sont d'autres exemples des impacts des espèces exotiques envahissantes sur les usages des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques[235]. La gestion de ces espèces et leurs impacts sur la biodiversité et les usages engendrent des coûts importants, qui sont évalués pour le Canada à une somme variant entre 15 et 32 milliards[240].

Prélèvement de la faune

Pour certaines espèces, la surpêche peut avoir eu un effet important sur l'abondance des stocks de poissons. La fiche « Communautés de poissons du fleuve », dont l'état est intermédiaire, fait état de différentes espèces comme l'esturgeon jaune et l'esturgeon noir qui ont, par le passé, été en situation de surexploitation[20]. Également, les populations de perchaude du lac Saint-Pierre et du tronçon situé entre le pont Laviolette et Saint-Pierre-les-Becquets ont connu un déclin important au cours des deux dernières décennies. Grâce à l'arrêt de la pêche, la perchaude se maintient à un niveau d'abondance faible. Le rétablissement de l'espèce est ralenti par d'autres facteurs liés principalement à la qualité de l'habitat[20,241].

- Communautés de poissons du fleuve

Ces changements dans l'abondance des stocks de poissons peuvent affecter l'ensemble de la chaîne trophique et perturber des interactions essentielles pour le développement de certaines espèces. À titre d'exemple, la moule d'eau douce obovarie olivâtre (inscrite à l'annexe I de la *Loi sur les espèces en péril*, L.C. 2002, ch. 29) nécessite une abondante population d'esturgeons jaunes, qui est son poisson hôte, pour le développement de ses larves[242]. L'état des stocks de poissons peut également affecter l'état des oiseaux piscivores qui dépendent de cette ressource pour se nourrir. À titre d'exemple, les fiches « État de la population du fou de Bassan » et « État des populations d'oiseaux marins », dont l'indicateur d'état est intermédiaire, ciblent l'effondrement de populations de poissons marins comme une pression affectant certaines espèces d'oiseaux.

- État des populations d'oiseaux marins
- État de la population du fou de bassan
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

La pêche récréative, au même titre que la pêche commerciale, peut mener à la diminution de l'abondance d'une ressource, voire, dans certains cas, à l'effondrement des ressources piscicoles[244]. À titre d'exemple, l'état des stocks de dorés jaunes indiquait, en 2010, un déclin des populations pour l'ensemble du Québec[245]. Les pêches scientifiques récentes révèlent une augmentation de l'abondance globale de la population, de l'abondance des femelles matures et de la longueur moyenne des dorés jaunes à la suite de l'instauration d'un plan de gestion pour l'espèce[245,246,247].

- Espèces sportives des eaux intérieures

La pêche sportive, commerciale et de subsistance peut mener à des prises accidentelles d'espèces non visées comme le saumon[48] ou d'espèces à statut comme le bar rayé[105] ou le chevalier cuivré[74]. Aussi, des espèces qui ne sont pas nécessairement à statut peuvent disparaître de certains plans d'eau à cause des captures accidentelles[42]. Par exemple, à cause de leurs comportements hivernaux, des espèces telles que le touladi et l'omble chevalier oquassa sont particulièrement vulnérables aux pêches hivernales[42,201].

- Communautés de poissons du fleuve
- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Seuil de conservation du saumon

Le braconnage s'ajoute à l'ensemble des pressions de pêche et menace certaines espèces telles que le bar rayé[81], l'éperlan arc-en-ciel[49,50] et le saumon atlantique[48]. En effet, au fil des années, plusieurs opérations anti-braconnage ont été menées par les agents de protection de la faune du Québec pour contrer les prélèvements illégaux. Ces derniers peuvent dépasser largement les prises quotidiennes permises et mener à l'inactivation de certaines frayères ou diminuer fortement des populations parfois déjà fortement sous pression.

- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Seuil de conservation du saumon

Les restrictions de prélèvement mises en place par les autorités pour mettre un frein ou prévenir les effondrements de population peuvent avoir des effets sur les citoyens, les entreprises et les régions dépendantes de la pêche récréative et commerciale. De plus, certaines espèces globalement ou localement en déclin revêtent une grande importance culturelle et alimentaire pour des communautés autochtones; mentionnons notamment le saumon atlantique, l'omble de fontaine ou l'omble chevalier anadrome dans le Nord québécois. Les conséquences du déclin de ce dernier au Nunavik, dont la fiche qui lui est associée indique un état intermédiaire-mauvais, sont de nature de santé publique, cette espèce étant cruciale sur le plan alimentaire pour les communautés inuites[248]. La croissance démographique en cours chez les Inuits du Nunavik[248] laisse croire à une augmentation des besoins en ressources halieutiques. Il est possible que la demande surpasse les stocks disponibles dans les prochaines années. Du côté du saumon atlantique, la pêche récréative, avec 15 000 pêcheurs, génère des dépenses de 50 millions de dollars annuellement au Québec, alors que la pêche commerciale est complètement interdite depuis 2000[250]. La fiche « Seuil de conservation du saumon » indique d'ailleurs que l'indicateur lié à cette espèce est classé intermédiaire. Quant à la pêche à l'omble de fontaine, elle génère des dépenses annuelles estimées à 340 millions de dollars à l'échelle de la province et procure plus de 3 000 emplois dans la province. C'est également l'activité de récolte qui crée le plus d'emplois, chasse, pêche et piégeage confondus. Dans certaines régions, l'état des populations d'omble de fontaine a amené une diminution de la limite de prise quotidienne et de possesion[251].

- Espèces sportives des eaux intérieures
- Taux de mortalité et reproduction de populations d'omble chevalier anadrome dans le Nord québécois
- Seuil de conservation du saumon



Photo: Julie Moisan

Atteintes à l'intégrité physique de la faune et de la flore

BRUIT

Le transport maritime, les activités minières et pétrolières, les activités militaires, la thermométrie acoustique, la construction d'infrastructures en mer (ports, plateformes pétrolières ou gazières, stations marémotrices ou éoliennes) et les pêcheries contribuent tous à l'augmentation du niveau sonore dans l'eau[106]. Par ailleurs, pour diminuer les prises accidentelles de mammifères marins, les pêcheurs installent des effaroucheurs sonores[106]. Toutefois, la pire forme de pollution acoustique provient des relevés sismiques de l'exploration pétrolière et gazière des fonds marins, dont les bombardements des fonds marins à l'aide de canons à air comprimé produisent des ondes sonores puissantes couvrant plusieurs dizaines de milliers de kilomètres carrés toutes les dix secondes jour et nuit pendant des semaines ou des mois[106]. Depuis 2011, les activités pétrolières et gazières sont interdites en amont de l'île d'Anticosti sur les îles et au fond du Saint-Laurent[252].

- État de la population de béluga
- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent

Le bruit est l'une des menaces les plus importantes pour les baleines qui dépendent du son pour assurer leur survie. Les mammifères en péril en vertu de la *Loi canadienne sur les espèces en péril* (L.C. 2002, ch. 29) qui fréquentent l'estuaire sont le béluga (population de l'estuaire du Saint-Laurent en voie de disparition, 2017), le rorqual bleu (en voie de disparition, 2005), le rorqual commun (préoccupant, 2006) et la baleine noire (en voie de disparition, 2005)[253]. L'augmentation du bruit réduit jusqu'à 90 % la distance à laquelle les rorquals bleus communiquent et jusqu'à 50 % la portée sonore d'un bébé beluga[106]. Selon la fiche « État de la population du béluga », dont l'indicateur est classé

- État de la population de béluga

mauvais, chaque navire qui transite par l'estuaire du Saint-Laurent expose jusqu'à 53 % des bélugas à des niveaux de bruits pouvant modifier leur comportement. Les lésions causées par le bruit au niveau des oreilles internes et des régions cervicales peuvent aussi provoquer l'échouage[106].

Mesure SQE 2.2.2 : Programme scientifique « Plateforme de modélisation du trafic maritime et des déplacements des mammifères marins dans l'estuaire du Saint-Laurent et le Saguenay en vue de l'atténuation des impacts du déploiement de la Stratégie maritime sur l'exposition cumulative des bélugas du Saint-Laurent aux bruits sous-marins » avec l'Université du Québec en Outaouais (MFFP) et un budget de 2,1 M$ sur cinq ans.

Le bruit a des répercussions sur d'autres espèces aquatiques que les cétacées[106]. En effet, même faible, il augmente le stress chez les poissons et les invertébrés et induit des changements comportementaux délétères[254]. La faune peut délaisser des sites trop bruyants, changer ses comportements vocaux et devenir plus vigilante, ce qui l'empêche de bien s'alimenter[81,106,254]. Le bruit affecte donc l'ensemble de la chaîne alimentaire[254].

- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

COLLISIONS ET EMPÊTREMENTS

Les baleines de l'estuaire du Saint-Laurent subissent des collisions avec des navires et des empêtrements dans les engins de pêche en utilisation, abandonnés ou perdus. On estime que 68 % des collisions sont mortelles et des études réalisées dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent montrent que le risque de collisions diminue lorsque les navires circulent en deçà de dix nœuds[106]. Les traversiers ont un effet non négligeable sur le risque de collision et l'émission de bruit. Par exemple, le traversier reliant Baie-Sainte-Catherine et Tadoussac représente à lui seul plus de 40 000 traversées par année au cœur de l'habitat essentiel du béluga.

- État de la population de béluga

En ce qui concerne les empêtrements, on évalue que 83 % des baleines noires s'empêtrent au moins une fois dans leur vie et, chaque année, on signale de petits rorquals, des rorquals à bosse et même des rorquals bleus empêtrés dans des filets ou des cordages[106].

- État de la population de béluga

Les mesures de protection des mammifères marins pour éviter les collisions et l'empêtrement dans les filets de pêche entraînent une adaptation à la pratique de la navigation et de la pêche dans le Saint-Laurent. Par exemple, ces mesures, permanentes ou temporaires, imposent des limites de vitesse aux navires naviguant dans certaines zones du golfe du Saint-Laurent[255] et des fermetures de zones pour la pêche au crabe des neiges, au homard et à toutes autres pêches à engins fixes non surveillés[256].

- État de la population de béluga

DÉRANGEMENTS

Les cétacés sont vulnérables au dérangement généré par la navigation commerciale et de plaisance. Les activités d'observation en mer se concentrent dans des habitats cruciaux où se rassemblent également les baleines[106]. Par exemple, plus de 40 000 kayakistes visitent le secteur du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent annuellement[106]. De plus, on enregistre, chaque année, plus de 5 000 passages de navires marchands dans l'estuaire du Saint-Laurent[106]. Ces dérangements récurrents ont des effets sur la santé, le succès de reproduction et les chances de survie de plusieurs populations qui sont déjà fragiles[106].

- État de la population de béluga

Des poissons peuvent également subir les effets du dérangement, comme c'est le cas du chevalier cuivré dont la frayère principale se situe dans les rapides de Chambly, un site hautement fréquenté par les plaisanciers en été[74]. Également, même s'ils ne sont pas visés par la pêche sportive, cette activité peut déranger certaines espèces de poisson au point où elles peuvent délaisser des habitats privilégiés fortement fréquentés par les pêcheurs, comme c'est le cas du bar rayé dans certains secteurs[81].

- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

ENTRAVES À LA DÉVALAISON

Au Québec, plus de 8400 barrages de toutes tailles et de toute contenance sont répertoriés alors que des milliers d'autres petits barrages et seuils ne le sont pas[257] et que tous font obstacle à la continuité écologique[184].

- Indice de qualité morphologique (IQM)

Même si les poissons bénéficient parfois de passes migratoires pour remonter les cours d'eau qui ont été aménagés, les barrages hydroélectriques induisent de la mortalité lors de la dévalaison des poissons. En effet, cette mortalité peut survenir en amont du barrage et de la centrale par collision ou par prédation accrue. Elle peut aussi survenir en aval à la suite d'une chute, d'une collision, d'une sursaturation de l'eau en azote ou d'une prédation accrue[258] ou encore lors du passage obligé dans les turbines, infligeant des blessures mortelles directes, comme des coupures, ou indirectes reliées aux forts changements de pressions[40,163,164,258,259]. Le taux de mortalité direct varie largement de 10 % à 100 % selon les caractéristiques des turbines et la taille et la forme des poissons[40,163,164,258,259]. Par exemple, on estime que, chaque année, près de 40 % des anguilles migratrices en provenance du Saint-Laurent supérieur meurent lors de leur passage obligé dans les turbines[259].

- Indice de qualité morphologique (IQM)
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)

ÉCRASEMENTS ET COLLISIONS

La circulation des véhicules sur des routes traversant certains habitats ou l'utilisation par certains organismes des mares d'eau formées dans les ornières provoquent la mort directe de reptiles et d'amphibiens par collision, comme c'est le cas pour la rainette faux-grillon[135]. Dans la fiche « Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens) », dont l'indicateur est classé intermédiaire, il est mentionné que l'herpétofaune est sensible à plusieurs types de pressions, dont la mortalité associée au passage des automobiles ou à la machinerie agricole. Mentionnons que le VTT est l'une des principales menaces pour les espèces végétales en situation précaire, telles que l'arisème dragon[170], la gentiane de Victorin[171], l'ériocaulon de Parker[172] et la cicutaire de Victorin[173].

- Espèces floristiques en situation précaire
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)



IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Photo: Patrick Émond



IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

La plus récente synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec du consortium Ouranos, publiée en 2015, prévoit que la température moyenne du Québec méridional augmentera de deux à quatre degrés d'ici 2050 et de quatre à sept degrés d'ici 2100[260]. Les quantités de précipitations en hiver et au printemps augmenteront et les épisodes de précipitations extrêmes seront plus fréquents et plus intenses, partout au Québec[260]. À l'autre bout du spectre, bien que les tendances soient moins nettes, la synthèse du consortium Ouranos évoque un accroissement des conditions de sécheresse en saison estivale[260]. Il est d'ailleurs noté que c'est à l'égard des conditions extrêmes que les impacts des changements climatiques se manifesteront avec le plus d'intensité[260]:

- Les températures extrêmes maximales en été augmenteront plus que les températures moyennes estivales et les températures extrêmes minimales en hiver augmenteront aussi plus que les températures moyennes hivernales;

- Tous les indices de précipitations abondantes et extrêmes augmenteront significativement dans toutes les régions du Québec.

L'ensemble de l'hydrologie du Québec méridional sera fortement modifié par les changements climatiques puisque ces derniers influencent toutes les composantes du cycle de l'eau qui interagissent entre elles. L'évaluation de ces impacts est complexe et se répercute autant sur la qualité de l'eau que sur la quantité d'eau disponible, ainsi que sur les organismes vivants présents dans les écosystèmes aquatiques.

Modification de l'hydrologie

HYDROLOGIE DE SURFACE

Même si l'intensité des impacts varie de façon importante selon les caractéristiques des cours d'eau et leur emplacement sur le territoire, les conséquences principales attendues des changements climatiques sur l'hydrologie sont les suivantes[260]:

- Étiages plus importants en été sur l'ensemble du territoire découlant d'une plus forte évapotranspiration et résultant en l'augmentation des pressions exercées sur l'approvisionnement en eau, les écosystèmes aquatiques et les activités récréatives;

- Hydraulicité: Q moyen annuel
- Niveau piézométrique
- Recharge des eaux souterraines
- Régime d'écoulement: crues
- Régime d'écoulement: étiages

- Crues plus intenses en été et en automne, favorisant l'érosion des berges, les inondations subites, le rejet d'eaux usées par surverse et le lessivage des sols et la dégradation de la qualité de l'eau;

- Cycle de l'eau globalement modifié et présentant une hydraulicité plus forte en hiver et plus faible en été dans le Québec méridional, affectant notamment la production hydroélectrique. L'hydraulicité est la valeur moyenne de débits calculés sur de longues périodes (mois, saisons, années)[261].

L'*Atlas hydroclimatique du Québec méridional*, de même que le document d'accompagnement[262,263], présente l'état des connaissances sur les ressources en eau de surface du Québec méridional. L'*Atlas* de 2018 détaille les impacts appréhendés des changements climatiques, aux horizons 2030, 2050 et 2080, sur le régime hydrique, les débits et la disponibilité actuelle et future pour plus de 1 500 tronçons de rivières du Québec méridional.

HYDROLOGIE SOUTERRAINE

La variabilité des précipitations et des températures de l'air modifie les périodes de recharge des eaux souterraines et leur importance. En effet, les températures plus élevées augmentent l'évapotranspiration et contribuent à la diminution du couvert de neige, alors que les épisodes de pluie moins fréquents, mais plus intenses, favorisent le ruissellement au détriment de l'infiltration dans les sols, donc de la recharge[264,265,266]. Par exemple, la recharge printanière due à la fonte de la neige diminue si les températures plus élevées augmentent les processus de sublimation de la neige. Également, des températures plus douces l'hiver augmentent les précipitations hivernales et modifient les périodes de recharge[264,265,266].

La variabilité du climat va également affecter les niveaux piézométriques dans les aquifères. En effet, en plus des effets dus à la variation de la recharge, les niveaux piézométriques seront influencés par l'augmentation des pressions exercées sur l'approvisionnement en eau[264,265,266]. La variabilité du climat va également affecter les niveaux piézométriques dans les aquifères. En effet, en plus des effets dus à la variation de la recharge, les niveaux piézométriques seront influencés par l'augmentation des pressions exercées sur l'approvisionnement en eau[264,265,266].

Hausse des apports et de la concentration des polluants et des contaminants

- Communautés de diatomées benthiques dans les petits cours d'eau en milieu agricole
- Contaminants émergents: le cas des composés perfluorés
- État trophique des lacs
- Métaux en cours d'eau
- Pesticides dans le lac Saint-Pierre
- Pesticides dans les cours d'eau en milieu agricole
- Pesticides dans les eaux souterraines en milieu agricole
- Physicochimie et bactériologie des cours d'eau en milieu agricole
- Physicochimie et bactériologie des masses d'eau du fleuve
- Physicochimie et bactériologie des tributaires du fleuve
- Qualité bactériologique des eaux de baignade des plages participant au programme Environnement-Plage
- Sites potentiels de baignade du fleuve

Une hausse dans l'intensité et le nombre d'événements extrêmes de pluie[267,268,269] pourrait conduire à des débordements plus fréquents des eaux usées municipales, entraînant divers polluants vers les milieux aquatiques[136,270]. Ces événements pourraient aussi favoriser un plus grand ruissellement sur les surfaces imperméables et sur les sols agricoles, entraînant des particules vers les cours d'eau, ce qui augmenterait la turbidité et les concentrations de matières en suspension auxquelles le phosphore peut être lié[271,272,273,274]. Il en va de même pour le transport des pesticides vers les cours d'eau[261]. Une augmentation des fortes crues pourrait accroître l'érosion des rives et du lit du fleuve et de ses tributaires, engendrant une remobilisation des nutriments et des microorganismes qui s'y trouvent et qui sont remis en suspension[272,273,275]. Enfin, ces changements du régime hydrique pourraient modifier la distribution des panaches de polluants, affectant des lieux qui ne l'étaient pas dans le passé[267].

Des étiages plus prononcés se traduiraient par une plus faible dilution des polluants[267,275,276]. La diminution du débit associée à ces étiages pourrait favoriser en revanche une réduction des concentrations d'éléments associés aux particules qui se déposent au fond des cours d'eau[275], comme le phosphore particulaire[272].

L'augmentation des températures des cours d'eau, qui est accentuée par les étiages en période estivale, pourrait entraîner une diminution des concentrations d'oxygène dissous dans les cours d'eau, augmenter et modifier la population algale, accroître la toxicité de certains contaminants, comme l'azote ammoniacal, et accélérer la nitrification et la dénitrification de l'azote. Des conditions plus anoxiques favorisent une augmentation des concentrations de nitrites, qui sont toxiques pour la vie aquatique à de plus faibles concentrations que les nitrates[271,275,277,278,279]. En lac, la hausse de la température de l'eau a pour effet de hâter la stratification saisonnière, d'allonger la période de stratification estivale et de modifier le volume des zones thermiques[280].

Dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, la tendance récente à la hausse pour les températures des eaux peu profondes et profondes influence la productivité planctonique. Des changements sont observés dans les communautés de phytoplancton (ex.: augmentation des flagellés et dinoflagellés) et de zooplancton (ex.: augmentation en abondance des espèces de petits calanoïdes, modification de la saisonnalité)[281]. Cela bouleverse les processus de recrutement et la productivité des niveaux trophiques supérieurs, incluant des espèces à valeur commerciale[281]. Le réchauffement des températures pourrait également contribuer à la prolifération de bactéries responsables de zoonoses associées à la consommation de produits de la mer, telles que *Vibrio vulnificus* et *Vibrio parahaemolyticus*, dans le fleuve Saint-Laurent[282]. Parallèlement à la réduction de l'oxygène, le pH des eaux profondes (>170 m) de l'estuaire maritime a diminué de 0,2 à 0,3 unité entre 1934 et 2010, soit une augmentation de l'acidité d'environ 100 % à cause de l'accumulation de CO_2 anthropique provenant de l'atmosphère, de l'origine des masses d'eau et de la décomposition de matière organique dans les eaux profondes[281].

Avec l'augmentation des températures, de nouveaux ennemis des cultures (insectes, mauvaises herbes, maladies) risquent d'apparaître au Québec, augmentant la pression exercée sur les cultures. Par exemple, certains insectes ravageurs arriveront plus tôt en saison, se développeront plus rapidement et compléteront un plus grand nombre de générations durant la saison estivale[283] conséquemment à l'allongement de la saison de croissance. Cela est susceptible d'accentuer l'utilisation des pesticides et, par conséquent, le risque de contamination des cours d'eau et de l'eau souterraine dans les régions affectées. De plus, les nouvelles conditions de croissance permettraient l'expansion de certaines cultures dans des secteurs plus au nord. Cela contribuerait à étendre la problématique de contamination de l'eau de surface par les pesticides à des régions jusque-là moins touchées, comme le Saguenay–Lac-Saint-Jean ou d'autres régions du Québec où, par exemple, les cultures de maïs et de soya étaient moins présentes[283]. Toutefois, une augmentation de la durée et de la fréquence des températures extrêmes et la diminution de l'épaisseur du couvert de neige pourraient se répercuter sur les taux de survie hivernale de nombreuses espèces de ravageurs, ce qui aiderait à diminuer la pression exercée sur les cultures[284].

Toutes ces perturbations sont propices aux fleurs d'eau de cyanobactéries dans les lacs, les rivières et le fleuve[271,275,276,283,285]. Le nombre et l'ampleur des efflorescences de cyanobactéries dans les lacs les affectent grandement en agissant sur leurs caractéristiques (qualité et aspects de l'eau)[283,285]. Les perturbations climatiques sont aussi propices à la dégradation de la qualité des eaux utilisées à des fins de consommation ou de récréation. Plusieurs études ont établi un lien significatif entre l'augmentation dans l'intensité des précipitations et la hausse du nombre d'épidémies de maladies d'origine hydrique[286,287,288,290]. Ces études mettent en relief l'effet des pluies non seulement sur la contamination des sources d'eau potable, mais aussi sur la contamination des eaux de surface pouvant être utilisées à des fins de baignade.

Dispersion et introduction d'espèces envahissantes

Les effets potentiels des changements climatiques sur la capacité des espèces envahissantes des écosystèmes aquatiques à se disperser et, par la suite, à survivre dans un nouvel environnement sont variés et difficilement quantifiables en raison des nombreuses interactions possibles entre les variables impliquées. Toutefois, la disparition des contraintes de dispersion ou de survie liées aux températures froides peut favoriser les espèces envahissantes, tant animales que végétales, au détriment des espèces indigènes[291,292]. En effet, la tolérance de plusieurs espèces envahissantes envers les environnements perturbés les avantage par rapport aux espèces indigènes[291]. Pour ces raisons, plusieurs PAEE actuellement présentes dans les Grands Lacs ou dans des plans d'eau des provinces et des États voisins, sont susceptibles d'atteindre le Québec: le cabomba de Caroline, l'élodée dense (*Egeria densa*), l'hydrille verticillé (*Hydrilla verticillata*) et le myriophylle aquatique (*Myriophyllum aquaticum*)[293]. L'allongement de la saison de croissance favorisera également la production de diaspores chez les PAEE[293,294]. Du côté des EAE, la hausse prévue des températures dans l'Arctique, une région qui est actuellement peu touchée par les espèces envahissantes, causera une augmentation de la saison de navigation commerciale et du nombre de voyages et, peut-être, la création de nouvelles routes arctiques. Cela accroît les risques d'introduction d'espèces envahissantes dans de nouveaux environnements nordiques[295].

- Indice d'introduction des espèces animales aquatiques envahissantes
- Plantes aquatiques exotiques envahissantes

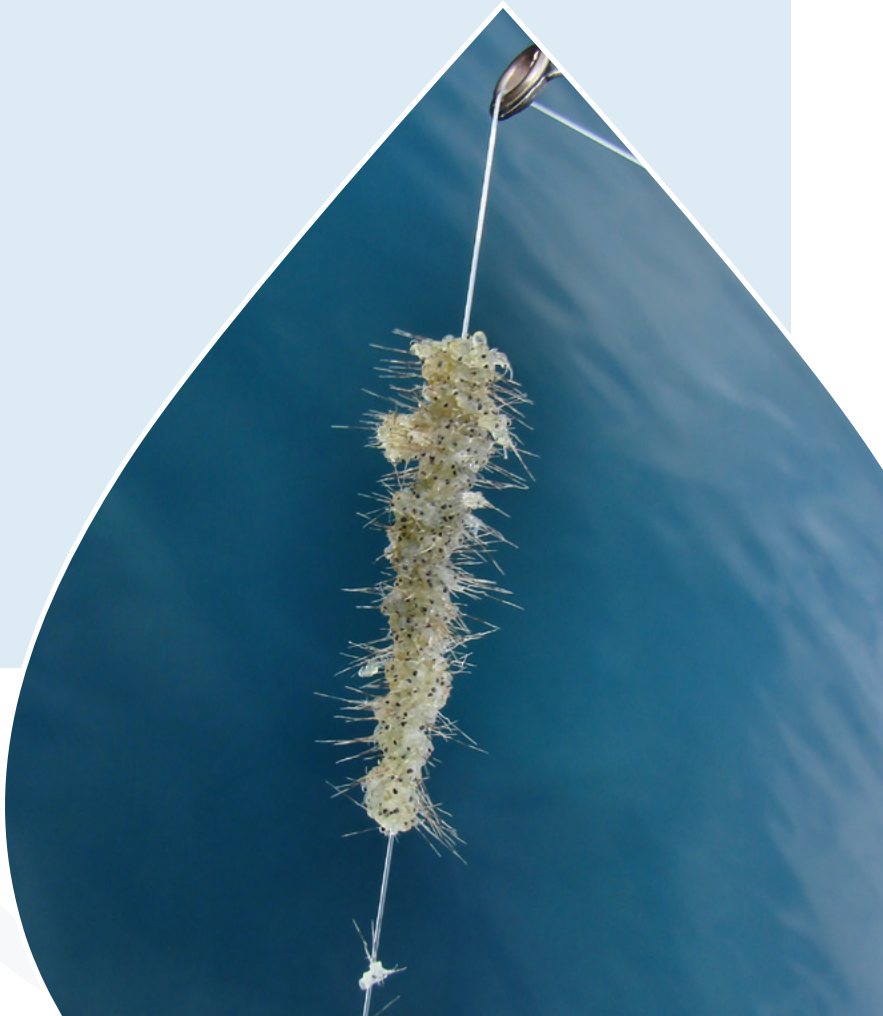


Photo: MFFP

Pression exercée sur la flore et la faune aquatique

Les écosystèmes sont particulièrement exposés aux changements climatiques, car la température et la quantité d'eau disponible sont des variables abiotiques qui influencent directement la plupart des fonctions vitales des organismes vivants et de leurs habitats. Cela est particulièrement vrai en milieu aquatique, où les organismes vivants n'ont pas d'autres options que de subir les conditions qui y règnent. Les fonctions vitales des organismes vivants, qui garantissent la pérennité d'espèces vulnérables ou encore la survie et l'abondance d'espèces exploitées, sont reliées notamment à la physiologie, à la croissance, à un synchronisme avec les ressources alimentaires, au déclenchement de la reproduction ou de la migration, à la disponibilité en oxygène, etc.[191,296,297] Ces fonctions, fortement dépendantes de la température et des précipitations (ou du débit d'eau), sont susceptibles d'être perturbées à la suite des extrêmes climatiques plus fréquent, tels que des crues hâtives et moins élevées ou encore des étiages sévères accompagnés de températures plus chaudes conduisant à des mortalités massives[298].

Cela dit, les variations climatiques peuvent avoir des répercussions positives ou négatives selon les caractéristiques des espèces fauniques et floristiques. Par exemple, les modifications des températures comme les printemps hâtifs ou les gels tardifs printaniers modifient l'apparition de certains événements du cycle de vie des plantes, comme la floraison, la feuillaison, la fructification ou la vitesse de croissance[299,300]. Aussi, des espèces de poissons et de moules, telles que le saumon, le touladi, l'omble de fontaine[301], l'omble chevalier[302] et la mulette perlière de l'Est[303,304], verront leur superficie d'habitat diminuer en raison du réchauffement de l'eau et de la diminution de la concentration d'oxygène dissous. Cependant, l'augmentation de la température améliore les conditions pour certains groupes d'espèces à sang froid comme les tortues, puisqu'un environnement chaud accélère leur croissance et entraîne un meilleur succès de reproduction et une maturité sexuelle plus hâtive[138,166,167,168,169].

L'augmentation des événements climatiques extrêmes entraîne des crues intenses qui ont le potentiel de déplacer des espèces de moules[174] et de tortues hors de leurs habitats essentiels, affectant ainsi leur survie. Ces crues modifient également la morphologie des cours d'eau et des milieux humides adjacents, bouleversant des habitats

- Communautés de macro-invertébrés benthiques dans le Nord québécois
- Communautés de macro-invertébrés benthiques – substrat grossier
- Communautés de macro-invertébrés benthiques – substrat meuble
- Communautés de poissons du fleuve
- Écologie et biodiversité floristique en milieux humides
- Espèces floristiques en situation précaire
- Espèces sportives des eaux intérieures
- Population du bar rayé du fleuve Saint-Laurent
- Rang S et indice de pérennité (poissons et moules d'eau douce)
- Rang S et indice de pérennité (reptiles et amphibiens)
- Seuil de conservation du saumon
- Taux de mortalité et reproduction de populations d'omble chevalier anadrome dans le Nord québécois

essentiels tels que des frayères[301] ou des nids[138,166,167,168,169]. Une possible augmentation des polluants et des sédiments en suspension dans les cours d'eau pourrait poser problème à la flore et la faune aquatiques. C'est notamment le cas pour le dard de sable[40] et le fouille-roche gris[163] et certaines espèces de moules d'eau douce, dont la mulette perlière de l'Est[303,304].

Les périodes d'étiage plus intenses et plus fréquentes pourraient également nuire aux habitats. En plus de potentiellement concentrer des contaminants et des polluants dans les cours d'eau et d'augmenter la température de l'eau, ce changement de régime du niveau d'eau pourrait réduire la qualité des habitats de faible profondeur utilisés par plusieurs espèces de poissons[40,73,163], de moules d'eau douce ou de salamandres[139,221]. Par exemple, dans le fleuve, une diminution importante du débit[305] pourrait avoir un effet marqué sur l'accès printanier à des habitats essentiels tels que les frayères naturelles et aménagées[306], perturbant l'habitat de moules d'eau douce[174,261].

Finalement, les espèces ayant des besoins précis et particuliers en matière d'habitat et celles qui ont des capacités de déplacement limitées sont particulièrement à risque face aux changements climatiques. C'est le cas par exemple des plantes endémiques qui colonisent les rives de l'estuaire du Saint-Laurent, telles que la gentiane de Victorin[307] ou le touladi, qui est désavantagé par rapport à l'omble de fontaine, ce dernier ayant une meilleure capacité de déplacement pour trouver des refuges thermiques[301].



Photo : Stéphane Valois

MESURES MISES EN ŒUVRE PAR LE GOUVERNEMENT

Photo: Sylvie Legendre

MESURES MISES EN ŒUVRE PAR LE GOUVERNEMENT

Bien que certaines actions de l'État soient en place et se perpétuent depuis plusieurs décennies, des changements majeurs ont été apportés dans les dernières années dans la gestion et la protection des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques par le gouvernement québécois. Mentionnons notamment l'adoption de la *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés* (c. C-6.2; ci-après la « Loi sur l'eau ») en 2009 et de la *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (2017, c. 14) en 2017. Celles-ci ont permis d'adapter le cadre législatif selon les nouvelles connaissances sur la situation des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques au Québec et sur les meilleures pratiques pour en favoriser la protection. L'adoption de la Loi sur l'eau a confirmé le statut juridique de l'eau: l'eau, de surface ou souterraine, constitue une ressource collective, qui fait partie du patrimoine commun de la nation québécoise. La loi reconnaît l'accès à l'eau potable pour toute personne physique et énonce certains principes, dont le devoir de prévenir les atteintes aux ressources en eau et de réparer les dommages qui peuvent leur être causés.

Les réponses présentées dans ce rapport sont les principales solutions adoptées par le gouvernement québécois afin de maintenir, d'améliorer ou de restaurer l'état et les usages de l'eau et des écosystèmes aquatiques. Seules les réponses les plus structurantes y sont mises en évidence en se limitant aux mesures en vigueur au moment de rédiger le présent rapport. Pour agir, le gouvernement du Québec dispose de multiples moyens d'action, comme les lois et règlements, les stratégies, les programmes et plans d'action, les réseaux de suivis, le financement de projets et la recherche scientifique. En plus de réglementer ou d'interdire certaines activités polluantes ou émettrices de contaminants, les réponses de l'État peuvent, par exemple, également favoriser l'acquisition de connaissances sur les écosystèmes aquatiques ou les problèmes qui les touchent, la sensibilisation des différents acteurs de l'eau et de la population ou la conservation de territoires à haute valeur écologique.

Le gouvernement du Québec privilégie la gestion intégrée de l'eau par bassin versant pour la planification et la mise œuvre d'actions concertées. Depuis l'adoption de la Politique nationale de l'eau en 2002, il a découpé le territoire en 40 zones de gestion intégrée de l'eau par bassin versant animées par des organismes de bassins versants (OBV). Pour ce qui est du Saint-Laurent, cette gestion est facilitée, pour le moment, par six tables de concertation régionales (TCR) réparties dans les zones de gestion intégrée du Saint-Laurent.

Plans d'action, stratégies ou financement englobants

Certaines stratégies ou certains plans d'action mis en place par le gouvernement québécois englobent de nombreuses actions répondant à de multiples problématiques des écosystèmes aquatiques et des ressources en eau. La Stratégie québécoise de l'eau 2018-2033 ainsi que son plan d'action 2018-2023, présentés dans l'avant-propos de ce rapport, la Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020, le Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC 2013-2020) ainsi que le Plan d'action Saint-Laurent 2011-2026 en sont de bons exemples.

Les changements climatiques étant un enjeu transversal, plusieurs problématiques touchant les écosystèmes aquatiques et les ressources en eau sont visées, entre autres, dans la mise en œuvre du PACC 2013-2020. Le PACC 2013-2020, sous la responsabilité du MELCC, a permis au gouvernement québécois et à la société québécoise d'agir de manière proactive en matière d'adaptation aux conséquences des changements climatiques et de mettre à jour nos connaissances sur les changements climatiques et ses impacts environnementaux, sociaux et économiques pour le Québec.

Le Plan d'action Saint-Laurent 2011-2026 est le fruit d'une collaboration entre les gouvernements provincial et fédéral datant de 1988 pour conserver et mettre en valeur le Saint-Laurent. Les résultats principaux de cette collaboration et des plans d'action qui en ont découlé ont été de réduire la pollution d'origine agricole, urbaine et industrielle, de protéger la santé humaine, de conserver la biodiversité, de pérenniser les usages ainsi que de sensibiliser et de faire participer les communautés liées au Saint-Laurent. Dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent, le Saint-Laurent fait l'objet d'un suivi de son état depuis 2003. Le *Portrait global du Saint-Laurent* est produit tous les cinq ans et 15 de ses indicateurs, qui sont sous la responsabilité du gouvernement fédéral, sont présentés en annexe du présent rapport.

Afin de soutenir le secteur maritime au Québec, le ministère de l'Économie et de l'Innovation (MEI) a accordé une aide financière à l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) de 15 000 000 $ pour les exercices financiers 2017-2018 à 2021-2022 pour la mise en œuvre du projet Odyssée Saint-Laurent. Le projet a pour objectif l'acquisition de connaissances scientifiques sur le système Saint-Laurent (le fleuve, l'estuaire et le golfe) et est mis en place par le Réseau Québec maritime (RQM). Il a pour mission de fédérer et d'animer les forces vives en recherche et en innovation dans les différents domaines liés au secteur maritime, dans une approche de développement durable, et de contribuer ainsi à l'essor de la société québécoise.

Qualité de l'eau

SECTEURS AGRICOLE ET AQUACOLE

Le *Règlement sur les exploitations agricoles* (Q-2, r. 26) (REA) établit les normes encadrant la gestion des déjections animales et la fertilisation des cultures. Il prévoit certaines dispositions pour l'entreposage et l'épandage des déjections animales et d'autres matières fertilisantes produites ou utilisées par une exploitation agricole afin de limiter leurs impacts sur la contamination des eaux de surface. Il établit aussi des balises qui régissent les doses, les modes, les dates et les distances d'épandage des déjections animales auxquelles les agronomes doivent se référer pour établir un plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF). Ce plan permet d'assurer une meilleure gestion des fertilisants utilisés sur une exploitation agricole. Cette approche doit tenir compte des besoins nutritifs des plantes à satisfaire pour assurer leur croissance et se base sur la teneur en éléments fertilisants (analysée ou estimée) des déjections animales produites à la ferme. Enfin, ce règlement édicte des normes quant aux installations d'élevage, au stockage, à l'élimination ou à la valorisation des déjections animales et interdit l'accès des animaux aux cours d'eau, aux plans d'eau ainsi qu'à leur bande riveraine. Le REA oblige, au moyen du bilan de phosphore, à ce qu'un équilibre soit atteint entre les apports de phosphore et la capacité maximale de dépôt sur les sols. Depuis son implantation complète, la très grande majorité des exploitations agricoles possèdent un bilan à l'équilibre.



Photo: Stéphanie Locas

Au niveau des pesticides, le *Règlement sur les permis et certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides* (P-9.3, r. 2), découlant de la *Loi sur les pesticides* (c. P-9.3), exige la réussite d'un examen pour l'obtention d'un certificat, encadre les activités de vente et d'utilisation de pesticides, en plus d'imposer aux titulaires de permis la tenue d'un registre de vente ou d'utilisation de pesticides ainsi que la déclaration de leurs ventes. Dans une perspective de protection des sources d'approvisionnement en eau potable, le *Code de gestion des pesticides* (P-9.3, r.1) prévoit le respect de distance d'éloignement permettant de limiter la présence de ces produits dans les sources d'eau potable. Essentiellement, il encadre l'entreposage, la vente et l'utilisation des pesticides. Entre autres, il rend obligatoire, tel que le prévoyait la Stratégie québécoise sur les pesticides 2015-2018, l'obtention d'une justification et d'une prescription agronomiques préalablement à l'application et à l'achat des pesticides les plus à risque pour la santé et l'environnement (l'atrazine, trois néonicotinoïdes, y compris ceux enrobant certaines semences et le chlorpyrifos). Quant à la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021 coordonnée par le MAPAQ, elle vise à réduire de 25%, de 2011 à 2021, les risques pour la santé et l'environnement liés à l'usage des pesticides à l'aide de différents projets et diverses actions de sensibilisation.

Au niveau de l'aquaculture, la mise en œuvre de la Stratégie de développement durable de l'aquaculture en eau douce au Québec (STRADDAQ) est une initiative du MELCC, du MAPAQ et de l'Association des aquaculteurs du Québec (AAQ). Sa mise en œuvre s'est déroulée de 2004 à 2016 et visait la réalisation d'un programme de mise aux normes environnementales, des pratiques optimales de gestion des piscicultures ainsi que l'amélioration de la qualité de leurs effluents (réduction de 40% des charges de phosphore rejetées). Les entreprises aquacoles ont participé sur une base volontaire, ce qui a nécessité des investissements de près de 10 M$ et le soutien technique et financier des deux ministères.

SECTEUR MUNICIPAL

Le *Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées* (Q-2, r. 34.1) (ROMAEU) prévoit des normes minimales de rejets aux stations d'épuration et de débordements aux ouvrages de surverse. Il permet aussi l'émission d'attestations d'assainissement municipales (AAM) afin de fixer des normes de rejets plus sévères ou portant sur d'autres paramètres que ceux du ROMAEU. De plus, les stations d'épuration de grande et de très grande taille devront réaliser une caractérisation de leurs effluents, durant une année, entre 2022 et 2024. Cette étude visera à mesurer la présence de quelque 330 contaminants dans les eaux usées des municipalités. Le *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* (Q-2, r. 22) vise à ce que les eaux usées des résidences isolées soient traitées et évacuées de manière à assurer la santé publique et la protection de l'environnement.

Pour ce qui est des sels de voirie, la Stratégie québécoise pour une gestion environnementale des sels de voirie, mise en œuvre par le MTQ, permet de sensibiliser les administrations publiques et privées à adopter une gestion plus efficiente, en se dotant d'un plan de gestion environnementale des sels de voirie (PGESV) qui est basé sur les meilleures pratiques reconnues dans ce domaine et qui prend en compte les impacts environnementaux des activités liées à ceux-ci.

SECTEUR INDUSTRIEL

Le *Règlement sur les fabriques de pâtes et papi*ers (Q-2, r. 27), le *Règlement sur les effluents liquides des raffineries de pétrole* (Q-2, r. 16) et le *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles* (Q-2, r. 19) prescrivent des normes de rejet afin de limiter les rejets dans le milieu aquatique. Également, le *Règlement sur les attestations d'assainissement en milieu industriel* (Q-2, r. 5) et le Programme de réduction des rejets industriels permettent d'imposer et de resserrer graduellement les normes de rejet et de tarifer les industries selon le principe de pollueur-payeur. Les secteurs visés sont les fabriques de pâtes et papiers ainsi que l'industrie minérale et de la première transformation des métaux. Le Plan de gestion des produits chimiques a mené à plusieurs mesures de contrôle de substances toxiques et de contaminants émergents. C'est le cas, par exemple, des nonylphénols éthoxylés, des PBDE et des composés perfluorés, qui ont fait l'objet de bannissements complets ou quasi complets, selon les substances.

RÉSEAUX DE SUIVI

Le Réseau-rivières (incluant les tributaires du fleuve et des cours d'eau agricoles) ainsi que le suivi des grandes masses d'eau du fleuve permettent de recueillir de l'information continue et à long terme sur la qualité des cours d'eau au Québec. Afin d'évaluer l'intégrité biotique, un réseau de suivi du benthos (RSBenthos) a été mis en place en 2010. Le MELCC effectue également un suivi des sites potentiels de baignade en rive du fleuve qui permet de recueillir de l'information continue et à long terme sur la qualité bactériologique de l'eau de baignade du fleuve. Des suivis sont également effectués pour divers contaminants émergents, plusieurs métaux, ainsi que pour les pesticides pour établir une meilleure connaissance des concentrations de ces produits dans les cours d'eau ainsi que les tendances de celles-ci au fil du temps.

Du côté des lacs, le Réseau de suivi volontaire des lacs (RSVL) permet d'évaluer sommairement et de suivre l'état trophique de plus 700 lacs de la portion habitée du Québec méridional, soit les lacs les plus susceptibles d'être affectés par les pressions anthropiques. Le Réseau des lacs témoins (sentinelles) vise d'ici 2022 à suivre annuellement et à long terme une quinzaine de lacs représentatifs des lacs du RSVL afin de documenter plus finement l'état et l'évolution de lacs de référence dans le contexte des pressions anthropiques et des changements climatiques.

Conservation et protection des espèces et de leurs habitats

AIRES PROTÉGÉES ET PARCS NATIONAUX

La *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (c. C-61.01) vise à faciliter la mise en place d'un réseau d'aires protégées en instaurant des mesures de conservation des milieux naturels complémentaires aux autres moyens existants, dont les statuts de protection conférés à certaines aires sous la responsabilité d'autres ministères, organismes gouvernementaux ou instances régionales. Elle favorise, en outre, la conservation des milieux humides et hydriques et l'atteinte de l'objectif d'aucune perte nette de tels milieux. Les aires protégées contribuent directement à limiter les effets des éléments perturbateurs sur les écosystèmes aquatiques en interdisant les activités industrielles d'exploitation des ressources incompatibles avec l'objectif de gestion premier qui est la conservation de la nature.

La Politique sur les parcs nationaux guide les interventions en matière de parcs nationaux selon trois orientations. L'une d'elles est d'« assurer la conservation des patrimoines naturel, culturel et paysager », ce qui contribue à la conservation des écosystèmes aquatiques et des milieux humides. La *Loi sur les parcs* (c. P-9) contribue à limiter les effets de certains éléments perturbateurs sur les écosystèmes aquatiques, notamment en interdisant toute forme de prospection, d'utilisation et d'exploitation des ressources à des fins de production forestière, minière ou énergétique, de même que le passage d'oléoduc, de gazoduc et de ligne de transport d'énergie à l'intérieur d'un parc. Le *Règlement sur les parcs* (P-9, r. 25) permet de déterminer le zonage des parcs contribuant à protéger plusieurs des écosystèmes aquatiques et des milieux humides en les incluant dans des zones de « préservation extrême », vouées exclusivement à la protection du patrimoine naturel et paysager et accessibles exceptionnellement, ou des zones de « préservation », vouées principalement à la protection du patrimoine naturel et paysager et accessibles par des moyens ayant peu d'impact sur le milieu.



Photo: Cédric Villeneuve

PROTECTION DES MILIEUX HUMIDES ET HYDRIQUES

Au Québec, la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables, adoptée par le gouvernement sous l'égide du MELCC, constitue depuis 1987 un cadre normatif minimal pour la protection des milieux hydriques et de certains milieux humides associés. Cette politique édicte certaines normes, comme l'interdiction de la culture du sol à moins de 3 mètres de la limite de tous les lacs et cours d'eau du territoire. La Politique prend application par l'intégration de ses normes minimales dans les schémas d'aménagement et de développement des MRC puis, par concordance, dans les règlements d'urbanisme des municipalités locales. Ultimement, ces dernières sont responsables du respect de leur règlement. Toutefois, la Stratégie québécoise de l'eau et, plus récemment, le Plan de protection du territoire face aux inondations : des solutions durables pour mieux protéger nos milieux de vie, prévoient le remplacement de la Politique par un règlement gouvernemental d'ici 2021. Cette révision permettra notamment l'amélioration des dispositions applicables et un resserrement du respect de celles-ci.

La *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (2017, c. 14) (LCMHH) a été adoptée afin de moderniser les mesures prévues pour assurer la conservation des milieux humides et hydriques. La LCMHH prévoit l'élaboration d'un plan régional des milieux humides et hydriques (PRMHH) par les municipalités régionales de comté (MRC). Les PRMHH sont des outils de planification pour la conservation des milieux humides déterminant les moyens à prendre pour les préserver, les mettre en valeur et les pérenniser. La MRC doit également assurer la compatibilité de son schéma d'aménagement et de développement avec le PRMHH. Ces plans devraient prévoir la conservation des milieux présentant un intérêt (rareté, intégrité, maintien de fonctions écologiques, de la connectivité et de la biodiversité), l'utilisation durable de certains milieux, de même que la restauration et la création de milieux humides et hydriques afin de favoriser l'atteinte de l'objectif d'aucune perte nette de fonctions écologiques ou de superficie de ces milieux.

Le *Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques (RCAMHH)* (Q-2, r. 9.1) fait suite à la sanction, le 16 juin 2017, de la *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (2017, c. 14). Cette loi a pour effet, notamment, d'introduire dans la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LRQ, c. Q-2) un régime de compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques. Ce nouveau régime prévoit, entre autres, le dépôt d'une étude de caractérisation signée par un professionnel compétent en appui aux demandes et le paiement d'une contribution financière préalablement à la délivrance de l'autorisation pour certains types de travaux. Les contributions financières sont versées au Fonds de protection de l'environnement et du domaine hydrique de l'État et servent à financer des projets déposés au Programme de restauration et de création de milieux humides et hydriques. Il est possible, pour certains promoteurs et pour certains types de projets, de remplacer le paiement d'une contribution financière par des travaux de restauration ou de création de milieux humides ou hydriques. Les superficies et les fonctions écologiques des milieux humides et hydriques restaurés et créés issus des projets réalisés dans le cadre du Programme seront comptabilisées et rendues publiques lorsque les données seront disponibles. Finalement, les sites restaurés ou recréés seront protégés. Le Programme contribuera ainsi à freiner la perte de milieux humides et hydriques sur le territoire et à obtenir des gains de superficies et de fonctions dans ces milieux.

PROTECTIONS LÉGALES DES ESPÈCES MENACÉES OU VULNÉRABLES ET DE LEURS HABITATS

La *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) (c. E-12.01) prévoit la désignation des espèces en situation précaire et la mise en place d'une stratégie pour rétablir les espèces désignées menacées ou vulnérables et leurs habitats. La protection accordée aux espèces fauniques et à leurs habitats est quant à elle régie par la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) (c. C-61.1). Selon l'article 10 de la LEMV, le gouvernement peut par règlement: 1) désigner comme espèces menacées ou vulnérables toutes les espèces qui le nécessitent; 2) déterminer les caractéristiques ou les conditions servant à désigner les habitats légalement protégés à l'égard de l'espèce. En vertu de la LCMVF, il est interdit de chasser, de capturer, de garder en captivité ou de vendre ces espèces. Cette loi assure également la protection du nid et des œufs, lorsque leur emplacement est connu. C'est également en vertu de cette loi que des refuges fauniques peuvent être établis. Lorsqu'un habitat d'une espèce faunique menacée ou vulnérable est publié, celui-ci est protégé en vertu du *Règlement sur les habitats fauniques* (RHF) (c. C-61.1, r. 18). Actuellement, le RHF s'applique uniquement aux terres du domaine de l'État. Par conséquent, seuls la composante aquatique de l'habitat des espèces ciblées et les milieux riverains situés en terres publiques sont protégés.

Dans les plans de rétablissement produits pour les espèces fauniques considérées menacées ou vulnérables au Québec, on retrouve de nombreuses actions pour protéger ces espèces et leurs habitats des multiples pressions anthropiques qui les affectent. Parmi ces pressions, mentionnons la pollution des habitats, l'introduction d'espèces exotiques envahissantes, la perturbation des processus hydrologiques affectant l'habitat et les dérangements. Les actions mises en place sont variées, allant des campagnes de sensibilisation à des projets de restauration d'habitat.

CONTRÔLE DES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

Le *Règlement sur l'aquaculture et la vente des poissons* (C-61.1, r. 7), découlant de la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (c. C-61.1), encadre la production, l'ensemencement, la garde en captivité, l'élevage et le transport, ainsi que le traitement des maladies contagieuses ou parasitaires des poissons d'eau douce, anadromes, catadromes et d'aquariophilie. L'annexe IV liste une série d'espèces pour lesquelles ces activités sont prohibées, qui sont toutes des espèces aquatiques envahissantes.

Les plans de rétablissement des espèces menacées ou vulnérables comportent bien souvent une stratégie pour limiter les impacts des espèces exotiques envahissantes sur celles-ci. Il s'agit de la principale réponse du gouvernement québécois pour ces espèces face à cette pression. Comme l'ampleur de l'impact des espèces envahissantes au Québec est encore méconnue pour certains groupes d'espèces, la mise en œuvre d'actions et de mesures visant à améliorer les connaissances sur les éléments susceptibles de favoriser la pérennité des

espèces endémiques et de leurs habitats est également importante. L'équipe du Programme québécois de lutte contre les carpes asiatiques et autres espèces aquatiques envahissantes (EAE) a produit différents travaux scientifiques concernant les EAE depuis 2016.

Le MFFP fait aussi une veille de ses inventaires ciblant les espèces aquatiques envahissantes (EAE), mais aussi par ses réseaux de suivis (ADNE, Réseau de suivi ichtyologique du Saint-Laurent) afin de documenter l'arrivée de ces espèces. Le MFFP mène des campagnes de sensibilisation à la présence des EAE, notamment sur la manière de nettoyer ses embarcations pour limiter leur propagation, mais aussi pour savoir les reconnaître (carpes, gobie à taches noires).

Pour ce qui est des espèces floristiques envahissantes, la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LRQ, c. Q-2) permet au gouvernement du Québec d'adopter des règlements pour régir ou prohiber la culture, la vente, l'usage et le transport d'espèces floristiques envahissantes déterminées dont l'établissement ou la propagation dans l'environnement est susceptible de porter préjudice à l'environnement ou à la biodiversité. Le Programme pour la lutte contre les plantes exotiques envahissantes permet de financer des projets de contrôle de plantes exotiques envahissantes dans les milieux naturels d'intérêt écologique et la restauration de ces habitats. Il finance aussi des projets de transfert de connaissances afin d'améliorer la lutte et la gestion de ces espèces.

L'outil Web et application mobile Sentinelle permettent de transmettre des observations d'espèces exotiques envahissantes et d'obtenir des informations sur ces espèces. Ceci permet entre autres l'amélioration des connaissances sur la répartition des espèces.

PLAN DE GESTION DES ESPÈCES ET MODALITÉS D'EXPLOITATION

Les plans de gestion de la faune aquatique (doré, touladi, omble de fontaine et saumon atlantique) établissent les objectifs en matière de gestion des espèces exploitées et les moyens utilisés pour les atteindre. Ils permettent de réaliser une saine gestion des populations exploitées au Québec en dressant l'état de situation d'une espèce faunique donnée et en établissant les conditions de prélèvement qui y sont associées. Ils décrivent les considérations biologiques, les aspects socioéconomiques ainsi que les stratégies préconisées pour maintenir des populations en santé et une belle qualité de pêche. Le MFFP fait aussi plusieurs campagnes de sensibilisation aux bonnes pratiques en lien avec la pêche sportive. Ces projets visent précisément à assurer la pérennité des populations d'espèces exploitées. Le MFFP finance une chaire de recherche sur les espèces exploitées du Québec à l'Université du Québec à Chicoutimi. Le programme de recherche de la chaire a pour principal objectif de répondre aux besoins de connaissances en matière de gestion des espèces aquatiques exploitées au Québec tout en assurant la formation de spécialistes dans le domaine.

La mise en place de modalités d'exploitation ou de moratoires est utilisée pour limiter de potentiels effets négatifs d'une surexploitation de certaines espèces lors d'activités de pêche commerciale. Par exemple, à la suite de l'instauration de telles modalités, des espèces comme l'esturgeon jaune et l'esturgeon noir ont retrouvé des niveaux de stocks enviables à l'échelle de l'Amérique du Nord après avoir été en situation de surexploitation dans le passé.

RÉSEAUX DE SUIVI

Le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) a pour mission de recueillir, consigner, analyser et diffuser l'information sur les éléments de la biodiversité, en particulier celle sur les éléments et les occurrences les plus importantes sur le plan de la conservation. Les données recueillies informent les autorités sur la détérioration de certains habitats (disparition de certaines populations) et permettent d'outiller les organismes du milieu vers des actions de conservation qui viennent contrer les problématiques qui en sont responsables.

Le MFFP et le MELCC coordonnent également l'établissement du Réseau de suivi de la biodiversité du Québec, premier projet à grande échelle au Québec qui permet de détecter l'effet des changements climatiques sur la biodiversité québécoise, ainsi que certains autres enjeux environnementaux du territoire. Le réseau vise à évaluer la capacité des milieux naturels et des communautés à faire face aux changements climatiques et à s'y adapter. En améliorant la connaissance des facteurs qui ont des répercussions sur les habitats, la faune et la flore, il sera possible de prendre des décisions éclairées et d'être proactifs dans la gestion et la conservation de la biodiversité québécoise.

Quantité d'eau

RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE

Pour assurer une gestion quantitative de l'eau ainsi que la sécurité de la population, il est essentiel de recueillir des connaissances (débits, niveaux d'eau, etc.) et de les mettre à jour régulièrement. Ces connaissances représentent un paramètre essentiel dans le processus de prise de décision lié à différentes activités, notamment:

- l'exploitation des barrages publics et privés;
- la détermination des zones inondables;
- la conception d'infrastructures routières (routes, ponts);
- l'alimentation en eau potable;
- les études sur les impacts des changements climatiques;
- l'irrigation, le drainage urbain;
- la recherche sur la pollution diffuse d'origine agricole;
- l'analyse de répartition des usages de l'eau à l'intérieur d'un bassin versant;
- le transport maritime;
- la production hydroélectrique;
- etc.

Ce réseau est constitué de quelque 240 stations hydrométriques et se structure en trois sous-groupes: le réseau de base qui a pour objectif la connaissance du régime hydrique des principaux cours d'eau du territoire québécois, le réseau « gestion » qui sert à l'exploitation et à la gestion des barrages publics et, finalement, un réseau « projet » pour répondre précisément à des besoins en recherche sur les enjeux, tels l'impact des changements climatiques, le suivi du développement agroenvironnemental, l'analyse des aquifères forestiers, etc.

PRÉVISIONS HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES

Le MELCC exploite un système de prévision du niveau et du débit de certains cours d'eau du Québec méridional. Il vise notamment les cours d'eau de certains bassins versants où des barrages sont exploités par le MELCC, ainsi que ceux du système hydrique de l'archipel de Montréal. À la suite des inondations de la rivière Richelieu en 2011, ce système de prévision a été progressivement étendu aux stations hydrométriques du Québec méridional qui ne sont pas influencées par l'exploitation des barrages.

Les prévisions hydrologiques ont pour objectif de permettre une planification plus éclairée des interventions, tant pour des situations de crue ou d'étiage que dans des conditions hydrologiques plus courantes. Pour la gestion des barrages publics, les prévisions permettent d'adapter l'exploitation des barrages pour faire face aux aléas climatologiques et hydrologiques, dans le but de respecter les plans de gestion. Pour les rivières non influencées par les barrages, les prévisions permettent de formuler des avis ou de diffuser des alertes de sécurité civile avec un certain temps d'anticipation, ce qui permet une prise en charge plus rapide et efficace des interventions sur le terrain.

ATLAS HYDROCLIMATIQUE DU QUÉBEC MÉRIDIONAL

Le MELCC travaille depuis 2013 à la production de l'*Atlas hydroclimatique du Québec méridional*. Ce document présente l'état des connaissances sur la disponibilité actuelle et future des ressources en eau de surface du Québec méridional. On y décrit l'impact des changements climatiques sur les débits d'eau en rivière aux horizons 2030, 2050 et 2080 sur plus de 1 500 tronçons de rivières.



Photo: Patrick Émond

PLAN DE PROTECTION DU TERRITOIRE FACE AUX INONDATIONS

Le Plan de protection du territoire face aux inondations: des solutions durables pour mieux protéger nos milieux de vie (ci-après appelé le Plan) a été rendu public le 3 avril 2020. Ce plan propose un ensemble de mesures essentielles et structurantes qui nécessitent un investissement important pour accroître la résilience des communautés face aux risques d'inondations et comporte 23 mesures qui touchent quatre axes d'intervention:

- **Cartographier**, c'est-à-dire élaborer et diffuser une cartographie selon une méthodologie rigoureuse axée sur la gestion des risques, qui soutient la prise de décision en aménagement du territoire et en prévention des sinistres.

- **Régir et encadrer**, afin de moderniser les cadres légaux et réglementaires relatifs aux inondations en fonction des connaissances acquises au fil des ans et des réalités qu'imposent les changements climatiques et les caractéristiques du territoire.

- **Planifier et intervenir**, pour améliorer la cohérence des interventions à l'échelle des bassins versants et favoriser la résilience des communautés.

- **Connaître et communiquer**, afin que collectivement, selon nos besoins, nous puissions avoir accès à une information précise et à jour pour appuyer nos décisions.

Le Plan vise à doter les municipalités du Québec de balises et de moyens visant à planifier l'aménagement du territoire de façon efficace, concertée et cohérente et à mieux faire face aux aléas d'inondations. Il propose des mesures permettant d'acquérir des connaissances poussées et à jour pour mieux comprendre les éléments liés aux inondations et mieux anticiper les aléas dans un contexte de changements climatiques. Il met l'accent sur la diffusion de l'information pour que toutes les personnes concernées – grand public, décideurs municipaux, scientifiques – puissent s'appuyer sur des sources fiables et actualisées pour prendre leurs décisions. Il vise aussi à mieux encadrer les pratiques, tant en ce qui a trait à la planification de l'aménagement du territoire qu'en ce qui concerne la gestion des risques d'inondations et l'entretien des ouvrages de protection, notamment. Il prévoit également des actions concrètes pour favoriser la mise en place d'aménagements afin d'améliorer la résilience des personnes et des biens face aux inondations dans les secteurs bâtis. Enfin, il vise à soutenir la mise en place de mesures visant la relocalisation de bâtiments hors de secteurs jugés à risque élevé d'inondations.

GESTION DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU

Afin de permettre à l'État d'effectuer une gestion durable, équitable et efficace de l'exploitation des ressources en eau du Québec, la Loi sur l'eau a introduit dans la *Loi sur la qualité de l'environnement* (c. Q-2; ci-après la « LQE ») un régime d'autorisation des prélèvements d'eau qui limite la période de validité des prélèvements d'eau à 10 ans, sauf exception, reconnaît la nécessité de satisfaire en priorité les besoins de la population et de concilier ensuite les besoins des écosystèmes et des activités à caractère économique et nécessite la prise en compte de l'effet des changements climatiques.

Le *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (Q-2, r. 35.2) (RPEP) comprend les dispositions réglementaires requises pour l'application du régime d'autorisation.

Le *Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau* (Q-2, r. 14) (RDPE) a pour objet d'assurer une meilleure connaissance et une meilleure protection de l'environnement en permettant au gouvernement, par la déclaration de la quantité des prélèvements d'eau, d'évaluer la répercussion de ces prélèvements sur les ressources en eau et sur les écosystèmes et de lui permettre d'établir les moyens de prévenir les conflits d'usages de cette ressource.

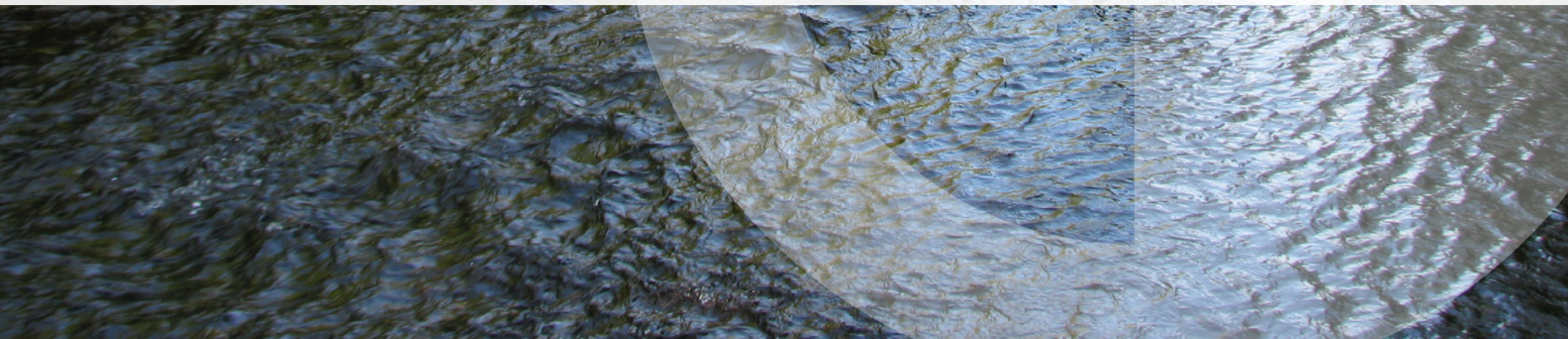
Les dispositions introduites dans la LQE pourvoient également à la mise en œuvre, au Québec, de l'Entente sur les ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. La LQE interdit de transférer hors du bassin du Saint-Laurent de l'eau qui y est prélevée, sauf exception. Par ailleurs, les prélèvements nouveaux ou l'augmentation des prélèvements existants dans ce bassin sont aussi soumis, dans les conditions définies par la loi, à de nouvelles règles destinées à renforcer la protection et la gestion des ressources en eau.



Photo: Stéphanie Locas

CONCLUSION

Photo: René Therreault



CONCLUSION

Le présent rapport dresse le portrait le plus fiable et à jour de l'état de l'eau et des écosystèmes aquatiques à l'échelle de la province et, ainsi, favorise une meilleure vue d'ensemble des enjeux et des défis auxquels la population et le gouvernement du Québec font face. Ce portrait montre que, bien que la majorité des indicateurs pointent vers un bilan positif de l'état des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques, certaines composantes apparaissent comme préoccupantes en fonction des paramètres actuellement documentés. Toutefois, les différentes pressions affectant les ressources en eau et les écosystèmes aquatiques varient grandement d'une région à l'autre, ce qui amène une grande hétérogénéité spatiale dans les états observés. Le développement de nouvelles mesures et actions gouvernementales et la poursuite de celles qui sont en cours ciblant les problématiques spécifiques identifiées par ce rapport apparaissent donc essentiels pour les prochaines années.

Par ailleurs, poursuivre le suivi des indicateurs présents dans ce rapport permettra, dans la prochaine édition, d'établir des tendances pour un plus grand nombre d'indicateurs. Certaines composantes, comme la flore ou la qualité des eaux souterraines, ne sont pas suffisamment documentées pour arriver à des constats éclairés sur leurs états. L'acquisition de nouvelles données et le développement de nouveaux indicateurs au cours des prochaines années seront donc importants afin de permettre un portrait plus exhaustif des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques. À ce titre, le présent rapport introduit six indicateurs en développement pour lesquels il serait souhaitable d'obtenir des résultats dans la prochaine édition.

En ayant une meilleure compréhension de la situation à l'égard de l'eau sur son territoire, le gouvernement s'assure d'orienter de manière plus efficace et efficiente les décisions collectives pour gérer cette ressource. Ce Rapport et les principaux enjeux qui en ressortent peuvent donc servir d'intrants importants pour l'élaboration de futures actions structurantes, comme le prochain plan d'action de la Stratégie québécoise de l'eau 2018-2030.

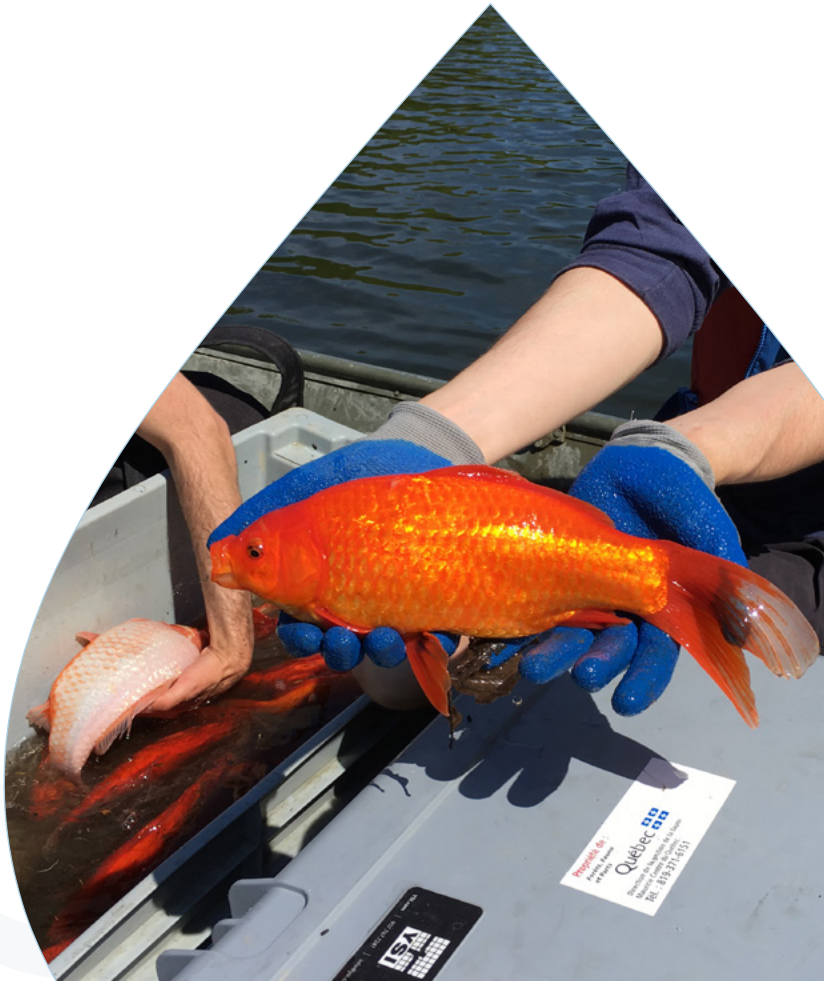


Photo: MFFP

BIBLIOGRAPHIE



Photo: Caroline Anderson

BIBLIOGRAPHIE

1. **ANDERSON, CAROLINE, NATHALIE LAFONTAINE, PAUL MEUNIER ET STEVE TURGEON** (2007). *Prendre mon lac en main: guide d'élaboration d'un plan directeur de bassin versant de lac et adoption de bonnes pratiques.* Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, 130 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/cyanobacteries/guide_elaboration.pdf.
2. **PATOINE, M.** (2017). *Charges de phosphore, d'azote et de matières en suspension à l'embouchure des rivières du Québec, 2009 à 2012*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-77490-7 (PDF), 25 p. et 11 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/phosphore/charge-phosphore-azote-mes2009-2012.pdf.
3. **SHAH, VIKASKUMAR G., R. HUGH DUNSTAN, PHILLIP M. GEARY, PETER COOMBES, TIMOTHY K. ROBERTS ET TONY ROTHKIRCH** (2007). « Comparisons of water quality parameters from diverse catchments during dry periods and following rain events », *Water Research*, vol. 41, p. 3655-3666.
4. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS** (2012). *Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec 1999-2008*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement. ISBN 978-2-550-63649-6 (PDF), 97 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/portrait/eaux-surface1999-2008/Portrait_Quebec1999-2008.pdf.
5. **DEBAILLEUL, G., ET D. BOUTIN** (2004). « La sévérité de la réglementation environnementale québécoise dans le domaine des productions animales: mythe ou réalité. » Repéré sur le site du MDDELCC, section Milieu agricole, [En ligne], http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/publi/severite.htm.
6. **EILERS, W., R. MACKAY, L. GRAHAM ET A. LEFEBVRE** (dir.) (2010). « L'agriculture écologiquement durable au Canada: série sur les indicateurs agroenvironnementaux », rapport n° 3. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario), [En ligne], http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/agr/A22-201-2010-fra.pdf.
7. **LARBI-YOUCEF, Y.** (2007). « Les politiques agroenvironnementales au Québec: enjeux, perspectives et recommandations » (PDF), Université de Sherbrooke, [En ligne], https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/10467/Larbi_Youcef_Yasmina_MEnv_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
8. **MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE** (2007). *Démarche vers une gestion intégrée des ressources en milieu agricole: portrait et enjeux*. Direction générale du développement et de l'aménagement de la faune. Secteur Faune Québec.
9. **LIND, L., E.M. HASSELQUIST ET H. LAUDON** (2019). « Towards ecologically functional riparian zones: A meta-analysis to develop guidelines for protecting ecosystem functions and biodiversity in agricultural landscapes. » *Journal of Environmental Management*, vol. 249, novembre, 109391, [En ligne], https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109391.
10. **GAGNON, E., ET G. GANGBAZO** (2007). *Efficacité des bandes riveraines: analyse de la documentation scientifique et perspectives*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, ISBN: 978-2-550-49213-9, 17 p.
11. **NIGEL, R., K. CHOKMANI, J. NOVOA, A. ROUSSEAU ET P. DUFOUR** (2013). « Recommendations for riparian buffer widths based on field surveys of erosion processes on steep cultivated slope ». *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, vol. 38, nº 4, p. 263-279.
12. **CENTRE DE CONSERVATION DES SOLS ET DE L'EAU DE L'EST DU CANADA** (CCSEEC) (2004). « Les bandes riveraines et la qualité de l'eau », [En ligne], https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/61834/les-bandes-riveraines-et-la-qualite-de-l_eau-une-revue-de-la-litterature.
13. **NÓBREGA, R. L. B., T. ZIEMBOWICZ, G. N. TORRES, A. C. GUZHA, R. S. S. AMORIM, D. CARDOSO, [. . .] ET G. GEROLD** (2020). « Ecosystem services of a functionally diverse riparian zone in the Amazon–Cerrado agricultural frontier. » *Global Ecology and Conservation*, vol. 21, mars, e00819, [En ligne], https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00819.
14. **PATOINE, MICHEL** (2011). « Influence de la densité animale sur la concentration des coliformes fécaux dans les cours d'eau du Québec méridional, Canada », *Revue des sciences de l'eau*, vol. 24, nº 4, p. 421-435.
15. **HÉBERT, S., ET D. BLAIS** (2017). *Territoire et qualité de l'eau: développement de modèles prédictifs*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement et Direction de l'expertise en biodiversité, ISBN 978-2-550-77770-0, 30 p.

BIBLIOGRAPHIE

16. **HUDON, CHRISTIANE, PIERRE GAGNON, MYRIAM RONDEAU, SERGE HÉBERT, DENIS GILBERT, BRAD HILL, MICHEL PATOINE ET MICHEL STARR,** 2017. « Hydrological and biological processes modulate carbon, nitrogen and phosphorus flux from the St. Lawrence River to its estuary (Québec, Canada) », *Biogeochemistry*, vol. 135, p. 251-276.

17. **DE LA CHENELIÈRE, VÉRONIK, PHILIPPE BRODEUR ET MARC MINGELBIER** (2014). « Restauration des habitats du lac Saint-Pierre: un prérequis au rétablissement de la perchaude. » *Le Naturaliste canadien*, vol. 138(2) p. 50-61.

18. **HUDON, C., P. GAGNON, S. POIRIER LARABIE, C. GAGNON, A. LAJEUNESSE, M. LACHAPELLE ET M.A. QUILLIAM** (2016). « Spatial and temporal variations of a saxitoxin analogue (LWTX-1) in Lyngbya wollei (Cyanobacteria) mats in the St. Lawrence River (Québec, Canada). » *Harmful Algae*, 57(Pt A):69-77. doi: 10.1016/j.hal.2016.06.001.

19. **HUDON, C., M. JEAN ET G. LÉTOURNEAU.** (2018). « Temporal (1970-2016) changes in human pressures and wetland response in the St. Lawrence River (Québec, Canada). » *Science of The Total Environment*, 643, 1137-1151. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.06.080.

20. **PARADIS, Y., M. MINGELBIER, P. BRODEUR, N. VACHON, M.A. COUILLARD, G. VERREAULT, L. L'ITALIEN, R. POULIOT, A. FOUBERT, F. LECOMPTE, É. VALIQUETTE ET D. CÔTÉ-VAILLANCOURT** (2020). *État des communautés de poissons des eaux douces et saumâtres du Saint-Laurent.* Plan Saint-Laurent, 3e édition, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 14 p.

21. **GIACOMAZZO, M., A. BERTOLO, P. BRODEUR, P. MASSICOTTE, J.-O. GOYETTE ET P. MAGNAN** (2020). « Linking fisheries to land use: how anthropogenic inputs from the watershed shape fish habitat quality. » *Science of the Total Environment*, vol. 717, mai, [En ligne], Doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135377.

22. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** Position ministérielle sur la réduction du phosphore dans les rejets d'eaux usées d'origine domestique, mise à jour le 8 janvier 2020, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/reduc-phosphore/index.htm (page consultée en avril 2020).

23. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** Le Réseau de surveillance volontaire des lacs – Les méthodes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/methodes.htm (page consultée en avril 2020).

24. **DEFLANDRE A., ET H. JARVIE** (2006). « Nutrients and eutrophication in rivers », dans A. Solimini, A.C. Cardoso et A.S. Heiskanen (ed.), *Indicators and methods for the Ecological Status Assessment under the Water Framework Directive. Linkages between chemical and biological quality of surface waters.* EUR 22314 ENEuropean Commission, 248 p.

25. **VITOUSEK, P., J. ABER, R. HOWARTH, G. LIKENS, P. MATSON, D. SCHINDLR, W. A. SCHLESINGER ET D. TILMAN** (1997). « Technical Report: Human Alteration of the Global Nitrogen Cycle: Sources and Consequences. » *Ecological Applications*, 7(3), 737-750.

26. **DODDS, WALTER K.** (2006). « Trophic state, eutrophication and nutrient criteria in streams ». *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 22, nº 12, p. 669-676.

27. **CARPENTER, S. R., N. F. CARACO, D. L. CORRELL, R. W. HOWARTH, A. N. SHARPLEY ET V. H. SMITH** (1998). « Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. » *Ecological Applications*, vol. 8, nº 3, p. 559-568.

28. **VILLENEUVE, V., S. LÉGARÉ, J. PAINCHAUD ET W. VINCENT** (2006). « Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. » *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 19 (4), 259-274.

29. **SIMONSEN, J.F.** (1978). « Oxygen and pH fluctuations in rivers. » *Water research*, vol. 12, nº 7, p. 477-489.

30. **JUTRAS M., A. MUCCI, B. SUNDBYA, Y. GRATTON ET S. KATSEV** (2020). « Nutrient cycling in the Lower St. Lawrence Estuary: Response to environmental perturbations. » *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 239, 5 July 2020, 106715, [En ligne], https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272771419307279?dgcid=author.

31. **ECCC** (2017). « Contamination des eaux souterraines », dans le site Internet d'Environnement et Ressources naturelles Canada, Ressources naturelles, *L'eau et l'environnement. La pollution de l'eau: causes et effets*, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/eau-apercu/pollution-causes-effects/contamination-souterraines.html (page consultée en janvier 2020).

32. **MEDEIROS, A. S., C. E. LUSZCZEK, J. SHIRLEY ET COLLAB.** (2011). « Benthic biomonitoring in arctic tundra streams: A community-based approach in Iqaluit, Nunavut, Canada. » *Arctic*, vol. 64, nº 1, p. 59-72.

33. **OURSO, ROBERT T.** (2001). *Effects of urbanization on benthic macroinvertebrate communities in streams, Anchorage, Alaska.* US Department of the Interior, US Geological Survey.

BIBLIOGRAPHIE

34. **HÉBERT, SERGE** (2006). *La salubrité des sites potentiels de baignade en eau douce* , 2e édition, Québec, Sa Majesté la reine du chef du Canada, représentée par la ministre de l'Environnement et Changement climatique Canada et Gouvernement du Québec, 4 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/site_documents/documents/PDFs_accessibles/salubrite_baignade_2006_f_FINAL_v1.0.pdf.

35. **COMITÉ DE CONCERTATION SUIVI DE L'ÉTAT DU SAINT-LAURENT** (2008). *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2008*, Plan Saint-Laurent, Environnement Canada, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Pêches et Océans Canada et Stratégies Saint-Laurent, ISBN 978-0-662-04763-6, 28 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/portrait/portrait_global_2008_f.pdf.

36. **HÉBERT, SERGE** (2016). *La qualité de l'eau du secteur fluvial: paramètres physico-chimiques et bactériologiques*, 4e édition, Québec, Sa Majesté la reine du chef du Canada, représentée par la ministre de l'Environnement et Changement climatique Canada et Gouvernement du Québec, 4 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/fiches_indicateurs/Francais/Qualité_fleuve_4e_ed.pdf.

37. **HÉBERT, S.** (2010). *Qualité bactériologique de sites potentiels de baignade, été 2009*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 8 p., [En ligne], http://environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/stlaurent/Plages2009.pdf.

38. **MELCC** (2020). *Bilan de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées pour l'année 2017* (PDF), 79 p. Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/ouvrages-municipaux/bilan-performance-omaeu-2017.pdf.

39. **CENTRE D'EXPERTISE ET DE RECHERCHE EN INFRASTRUCTURES URBAINE** (2019). *Portrait des infrastructures en eau des municipalités du Québec – Rapport annuel 2019*, 66 p. et 3 annexes, [En ligne], https://ceriu.qc.ca/system/files/2020-02/Rapport-annuel-2019-Portrait-des-infrastructures-en-eau-des-municipalites-du-Quebec.pdf.

40. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET PETITS PERCIDÉS DU QUÉBEC** (2019). *Bilan du rétablissement du dard de sable (Ammocrypta pellucida) au Québec pour la période 2007-2018*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 46 p.

41. **ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA** (2015). *Troisième évaluation nationale des renseignements sur le suivi des effets sur l'environnement des mines de métaux visées par le Règlement sur les effluents des mines de métaux*, 39 p. et 8 annexes. ISBN: 978-0-660-04510-8, nº de cat.: En14-64/2016F-PDF, [En ligne], http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/eccc/En14-64-2016-fra.pdf.

42. **RIVIÈRE, T., M. ARVISAIS, D. BANVILLE ET M.-A. COUILLARD** (2018). *Rapport sur la situation de l'omble chevalier oquassa (Salvelinus alpinus oquassa) au Québec*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 50 p.

43. **GLAZ, P., P. SIROIS, P. ARCHAMBAULT ET C. NOZAIS** (2014). « Impact of Forest Harvesting on Trophic Structure of Eastern Canadian Boreal Shield Lakes: Insights from Stable Isotope Analyses », *PLoS ONE*, vol. 9, nº 4.

44. **LÉVESQUE, D., B. PINEL-ALLOUL, G. MÉTHOT ET R. STEEDMAN** (2017). « Effects of climate, limnological features and watershed clearcut logging on long-term variation in zooplankton communities of boreal shield lakes. » *Water*, 9: doi:10.3390/w9100733.

45. **LECLERC, V., P. SIROIS, D. PLANAS ET P. BÉRUBÉ** (2011). « Diet and feeding success of fast-growing yellow perch larvae and juveniles in perturbed Boreal lakes. » *Trans Am Fish Soc*, 140: 1193-1205.

46. **JENNIFER C. WELLMAN, DANIEL L. COMBS ET S. BRADFORD COOK** (2000). « Long-Term Impacts of Bridge and Culvert Construction or Replacement on Fish Communities and Sediment Characteristics of Streams », *Journal of Freshwater Ecology*, 15:3, 317-328, DOI: 10.1080/02705060.2000.9663750.

47. **WHEELER, ANDREW, PAUL ANGERMEIER ET AMANDA ROSENBERGER** (2005). « Impacts of New Highways and Subsequent Landscape Urbanization on Stream Habitat and Biota. » *Reviews in Fisheries Science* - REV FISH SCI. 13. 141-164. 10.1080/10641260590964449.

48. **COSEPAC** (2010). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le saumon atlantique (Salmo salar) au Canada*. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, i + 162 p.

49. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL, POPULATION DU SUD DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT** (2019). *Plan de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel (Osmerus mordax) au Québec, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent, 2019-2029*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 40 p.

50. ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL, POPULATION DU SUD DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT (2019). *Bilan du rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel (Osmerus mordax) au Québec, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent pour la période 2008-2016*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 58 p.

51. LA VIOLETTE, N., D. FOURNIER, P. DUMONT ET Y. MAILHOT (2003). *Caractérisation des communautés de poissons et développement d'un indice d'intégrité biotique pour le fleuve Saint-Laurent, 1995-1997.* Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, 237 p., [En ligne], https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/car_comm_poissons.pdf.

52. PATOINE, MICHEL, ET FRANÇOIS D'AUTEUIL-POTVIN (2015). Contamination bactériologique des petits cours d'eau en milieu agricole: état et tendances, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-72699-9, 39 p. et 8 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/Rapport_agricole.pdf.

53. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES. « Algues bleu-vert, Gestion des fleurs d'eau », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du gouvernement du Québec, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/gestion/index.htm (page consultée le 16 octobre 2020).

54. CHISLOCK, MICHAEL F., ENRIQUE DOSTER, RACHEL A. ZITOMER ET ALAN E. WILSON (2013). « Eutrophication: causes, consequences, and controls in aquatic ecosystems. » *Nature Education Knowledge*, vol. 4, nº 4, p. 1 à 8.

55. SANTÉ CANADA (2012). *Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada*, troisième édition. Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario).

56. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (2019). « Programme Environnement-Plage: bilan provincial de l'été 2019 », dans le site du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du gouvernement du Québec, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/infuseur/communique.asp?no=4270 (page consultée le 13 février 2020).

57. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (2020). *Bilan des ventes de pesticides au Québec, année 2018*. Québec, 81 p., [En ligne], www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/bilan/index.htm (page consultée le 5 juin 2020).

58. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (2015). Stratégie québécoise sur les pesticides 2015-2018, 23 p. + annexe, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/strategie2015-2018/strategie.pdf (page consultée le 5 juin 2020).

59. Référence supprimée

60. GIROUX, I. (2019). *Présence de pesticides dans l'eau au Québec: portrait et tendances dans les zones de maïs et de soya, 2015 à 2017*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 64 p. + 6 ann. ISBN 978-2-550-83220-1.

61. GIROUX, I. (2014). *Présence de pesticides dans l'eau au Québec: zones de vergers et de pommes de terre, 2010 à 2012*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Direction du suivi de l'état de l'environnement, 55 p. + 5 ann. ISBN 978-2-550-71747-8.

62. GIROUX, I. (2017). *Présence de pesticides dans l'eau de surface au Québec: zones de vergers et de cultures maraîchères, 2013 à 2016*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'information sur les milieux aquatiques, 47 p. + 3 annexes. [En ligne] http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/pesticides/verges-maraicheres/pesticides-eau-vergers-maraicher.pdf.

63. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (2020). *Présence de pesticides dans l'eau au Québec – Portrait dans des zones en culture de pommes de terre en 2017 et 2018*, Québec, 44 p. et 5 annexes, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/pomme_terre/rapport-pesticides-eau-pomme-terre-2017-2018.pdf.

64. TCRLSP (2019). *Amélioration de la qualité de l'eau au lac Saint-Pierre*, Table de concertation régionale du lac Saint-Pierre, 110 p.

65. GIROUX, I. (2015). *Présence de pesticides dans l'eau au Québec: portrait et tendances dans les zones de maïs et de soya, 2011 à 2014*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, -5, 47 p. + 5 ann., ISBN 978-2-550-73603.

66. **NEUMAN-LEE, L. A., ET F. J. JANZEN** (2011). « Atrazine exposure impacts behavior and survivorship of neonatal turtles. » *Herpetologica*, 67: 23-31.

67. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2020). *Bilan de mise en œuvre du Règlement sur la qualité de l'eau potable 2013-2018*, 90 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/bilans/bilan-2013-2018.pdf (page consultée en mai 2020).

68. **GIROUX, I.** (2016). *Portrait de la présence de pesticides dans l'eau souterraine près de secteurs maraîchers, vergers, vignes et petits fruits, échantillonnage 2012 à 2014*, Québec, ministère du Développement durable, de l'environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 25 p. + 5 ann. ISBN 978-2-550-75639-2.

69. **STOCKHOLM** (2017). Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP) et annexes (révisé en 2017), Programme des Nations unies pour l'environnement. Publié par le Secrétariat de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (SSC) en septembre 2018.

70. **LE FAUCHEUR, SÉVERINE** (2015). « L'impact du mercure sur les écosystèmes aquatiques. », *Ecoscope*.

71. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2018). *Contaminants d'intérêt émergent, substances toxiques et état des communautés de poissons dans des cours d'eau des Laurentides et de Lanaudière.* 50 p. et 4 ann., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/toxique/laurentides-lanaudiere/Contaminants-emergent.pdf.

72. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2017). *Contaminants d'intérêt émergent, substances toxiques et état des communautés de poissons dans des cours d'eau de la Montérégie et de l'Estrie.* 62 p., [En ligne], http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/toxique/monteregie-estrie/contaminant-emergent.pdf.

73. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET DES PETITS PERCIDÉS** (2012). *Plan de rétablissement du méné d'herbe (Notropis bifrenatus) au Québec, 2012-2017*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Faune Québec, 34 p.

74. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU CHEVALIER CUIVRÉ DU QUÉBEC** (2012). *Plan de rétablissement du chevalier cuivré (Moxostoma hubbsi) au Québec, 2012-2017*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Faune Québec, 54 p.

75. **CONSEIL DES ACADÉMIES CANADIENNES** (2009). *La gestion durable des eaux souterraines au Canada*, Comité d'experts sur les eaux souterraines, CAC, Ottawa, 276 p. et 3 annexes, [En ligne], https://rapports-cac.ca/wp-content/uploads/2018/10/2009-05-11-gw-rapport.pdf.

76. **CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT** (2009). *Stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents d'eaux usées municipales*, Whitehorse, Conseil des ministres du CCME, 17 p., [En ligne], https://www.ccme.ca/files/Resources/fr_water/fr_mwwe/cda_wide_strategy_mwwe_final_f.pdf.

77. Référence supprimée

78. **COETSIER, C.** (2009). *Approche intégrée de la gestion environnementale des produits pharmaceutiques dans des rejets de stations d'épuration urbaines et leur milieu récepteur: occurrence, impact et traitements tertiaires d'élimination.* Université Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc.

79. **KIDD, K. A., P. J. BLANCHFIELD, K. H. MILLS, V. P. PALACE, R. E. EVANS, J. M. LAZORCHAK ET R. W. FLICK** (2007). « Collapse of a fish population after exposure to a synthetic estrogen. » *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 104, 5 p.

80. **LACAZE, E., C. GAUTHIER, C. ANDRÉ, P. COUTURE, M. DESROSIERS, F. CLOUTIER ET F. GAGNÉ** (2017). « Municipal effluent exposures in fathead minnows during partial life cycle: endocrine disruptive effects and impact on reproduction. » *Current topics in Toxicology*, vol. 13, 15 p.

81. **COSEPAC** (2012). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le bar rayé (Morone saxatilis) au Canada.* Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, xx + 86 p., [En ligne], https://faune-especes.canada.ca/registre-especes-peril/virtual_sara/files/cosewic/sr_bar_raye_striped_bass_1213a_f.pdf.

82. **PELLETIER, MAGELLA** (2002). *La contamination des sédiments par les toxiques - Le lac Saint-François: une histoire centenaire*, Fiche issue du « Programme de suivi de l'état du Saint-Laurent ». Gouvernement du Canada et gouvernement du Québec, Envirodoq: ENV/2002/0345, 6 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/site_documents/documents/PDFs_accessibles/sediments_lsf_2002_f_FINAL_v1.1_corr.pdf.

83. **PELLETIER, MAGELLA** (2018). *État de la qualité des sédiments du lac Saint-Pierre en 2013*, Fiche issue du « Programme de suivi de l'état du Saint-Laurent ». Gouvernement du Canada et gouvernement du Québec, ISBN: 978-0-660-25235-3, 8 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/fiches_indicateurs/Francais/2018_Etat_qualite_sediments_LSP_En2013_Final.pdf.

84. **PELLETIER, MAGELLA** (2008). *La contamination des sédiments par les toxiques – Le lac Saint-Louis: confluent de deux rivières*, Fiche issue du « Programme de suivi de l'état du Saint-Laurent ». Gouvernement du Canada et gouvernement du Québec, ISBN: 978-0-662-04766-7, 8 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/site_documents/documents/PDFs_accessibles/sediments_lsl_2008_f_FINAL_v1.1.pdf.

85. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.** *Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce*, dans le site ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du gouvernement du Québec, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/guide/complement.htm (page consultée le 13 février 2020).

86. **ENVIRONNEMENT CANADA** (2004b). *Rapport d'évaluation environnementale préalable des polybromodiphényléthers* (PBDE), [En ligne], http://www2.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&n=DF7DE982-1&toc=show (page consulté le 3 juin 2008).

87. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2020). *Contaminants d'intérêt émergent, substances toxiques et état des communautés de poissons dans des cours d'eau du Québec méridional*. 79 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/toxique/contaminants-emergent-Quebec-meridional.pdf.

88. **BELINDA LI** (2011). Perfluorinated Compounds in Landfill Leachate and Their Effect on the Performance of Sodium Bentonite Landfill Liners. Thèse et dissertation électronique (ETDs) 2008+. T, University of British Columbia. doi:http://dx.doi.org/10.14288/1.0063208.

89. **ENVIRONNEMENT CANADA** (2011). *Le monitoring et la surveillance de l'environnement à l'appui du Plan de gestion des produits chimiques – Polybromodiphényléthers dans l'environnement canadien*. ISBN: 978-1-100-98177-2. Nº de cat.: En14-53/2011F-PDF, [En ligne], http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/ec/En14-34-2011-fra.pdf.

90. **GOSSELIN, JEAN-FRANÇOIS** (2015). *Le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent*, 3e édition, Québec, Sa Majesté la reine du chef du Canada, représentée par la ministre de l'Environnement et du Changement climatique Canada et Gouvernement du Québec, 9 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/fiches_indicateurs/2015_FR_Beluga.PDF.

91. Référence supprimée.

92. *Atlas de l'eau*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas.

93. **CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT** (1999). *Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments: protection de la vie aquatique – Protocole pour l'élaboration de recommandations pour la qualité des sédiments en vue de la protection de la vie aquatique*. 25 p. et 3 annexes. CCME EPC-98F, [En ligne], http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/fr/138 (page consultée en avril 2020).

94. **CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT** (2014). Dioxines et furannes, [En ligne], https://www.ccme.ca/fr/resources/air/dioxins_furans.html (page consulté le 22 juillet 2019).

95. **DUCHEMIN, MARC, ET SERGE HÉBERT** (2014). *Les métaux dans les rivières du sud-ouest du Québec (2008 2011)*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-71296, 24 p. et 17 annexes, [En ligne], http://environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/metaux-rivieres.pdf.

96. **HYDRO-QUÉBEC** (1996-2020). « La question du mercure pour Hydro-Québec», dans le site d'Hydro-Québec, Développement durable, Documentation spécialisée, [En ligne], https://www.hydroquebec.com/developpement-durable/documentation-specialisee/mercure.html (page consultée en janvier 2020).

97. **HÉBERT, SERGE** (2017). *Territoire et qualité de l'eau: développement de modèles prédictifs pour les métaux*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement et Direction de l'expertise en biodiversité, ISBN 978-2-550-79625-1, 19 p. et 5 annexes, [En ligne], http://environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/Qualite-Territoire-Metaux.pdf.

98. **RONDEAU, MYRIAM** (2017). *La qualité de l'eau du secteur fluvial*, Fiche issue du « Programme de suivi de l'état du Saint-Laurent ». Gouvernement du Canada et gouvernement du Québec, ISBN: 978-0-660-08266-0, 5 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/fiches_indicateurs/Francais/2017_La_qualite_de_l'eau_du_secteur_fluvial.pdf.

BIBLIOGRAPHIE

99. **BERRYMAN, D., I. GUAY ET J. BEAUDOIN** (2012). *Concentrations de métaux et toxicité de l'eau de la rivière Charest en aval de l'ancien site de Notre-Dame-de-Montauban, Québec*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-63953-4 (PDF), 40 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/montauban/metaux-toxicite-charest.pdf.

100. **ZUELLIG, R. E., ET COLLAB.** (2008). « The influence of metal exposure history and ultraviolet-B radiation on benthic communities in Colorado Rocky Mountain streams », *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 27, nº 1, p. 120-134.

101. **CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC** (CEAEQ) (2015). *Procédure d'évaluation du risque radiotoxique pour l'environnement*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 28 p. et annexes.

102. **CHARBONNEAU, P.** (2006). « Sels de voirie : une utilisation nécessaire mais lourde de conséquences. » *Le Naturaliste canadien*, 130 (1), p. 75-81.

103. **MINISTÈRE DES TRANSPORTS.** « Gestion environnementale des sels de voirie: Saviez-vous que », dans le site du ministère des Transports du gouvernement du Québec, [En ligne], https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/gestion-environnementale-sels-voirie/Pages/saviez-vous.aspx (page consultée le 13 février 2020).

104. **COMMUNICATION PERSONNELLE,** ministère des Transports du Québec, 5 mai 2020.

105. **PÊCHES ET OCÉANS CANADA** (2019). *Programme de rétablissement et plan d'action du bar rayé (Morone saxatilis), population du fleuve Saint-Laurent, au Canada* [version proposée]. Série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*. Pêches et Océans Canada, Ottawa, v + 62 p.

106. **GROUPE DE RECHERCHE ET D'ÉDUCATION SUR LES MAMMIFÈRES MARINS** (2020). *Baleine en direct*, dans le site du Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins, [En ligne], https://baleinesendirect.org (pages consultées en janvier 2020).

107. **MELCC** (2014). « Rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers – Constats, recommandations, actions proposées », Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Bibliothèque et Archives nationales du Québec. ISBN: 978-2-550-70519-2 (PDF) 40 p. + 4 annexes.

108. **PELLERIN, STÉPHANIE, ET MONIQUE POULIN** (2013). *Analyse de la situation des milieux humides au Québec et recommandations à des fins de conservation et de gestion durable*, Québec, rapport préparé pour le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, 85 p. et 12 annexes.

109. **POULIN, M., L. ROCHEFORT, S. PELLERIN ET J. THIBAULT** (2004). « Threats and protection for peatlands in Eastern Canada », *Geocarrefour*, vol. 79, nº 4, p. 331-334, [En ligne], https://journals.openedition.org/geocarrefour/875.

110. **LANDRY, J., ET L. ROCHEFORT** (2011). *Le drainage des tourbières: impacts et techniques de remouillage*, Groupe de recherche en écologie des tourbières, Université Laval, Québec, 53 p., [En ligne], http://www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/media/Revue_drainage-FINAL_01.PDF.

111. **DAVIES, P. ERIC, L. S. J. COOK, P. D. MCINTOSH ET COLLAB.** (2005). « Changes in stream biota along a gradient of logging disturbance, 15 years after logging at Ben Nevis, Tasmania. » *Forest Ecology and Management*, vol. 219, nºs 2-3, p. 132-148.

112. **REMM L., P. LÕHMUS, M. LEIS ET A. LÕHMUS** (2013). « Long-Term Impacts of Forest Ditching on Non-Aquatic Biodiversity: Conservation Perspectives for a Novel Ecosystem », *Plos one*, vol. 8, nº 4, p. 1-13, [En ligne], https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0063086&type=printable.

113. **JUTRAS, S., J. BÉGIN ET A. P. PLAMONDON** (2002). « Impact du drainage forestier après coupe sur la croissance de l'épinette noire en forêt boréale », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 32, p. 1585-1596, [En ligne], https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/x02-062.

114. **PLAMONDON, A.P., ET S. JUTRAS** (2020). *Fonctions hydrologiques des milieux humides boisés en relation avec l'aménagement forestier.* Revue de littérature pour le ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques et le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec.

115. **WEINSTEIN, M.P., J.M. TEAL, J.H. BALLETTO ET K.A. STRAIT** (2001). « Restoration principles emerging from one of the world's largest tidal marsh restoration projects. » *Wetlands Ecology and Management*, 9: 387-407.

116. **CRIDTOFOLI, S., ET G. MAHY** (2010). « Restauration écologique: contexte, contraintes et indicateurs de suivi. » *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, vol. 14(1), 203-211.

BIBLIOGRAPHIE

117. **GALLET, SÉBASTIEN, FRÉDÉRIC BIORET ET JÉRÔME SAWTSCHUK** (2011). « La restauration des végétations des hauts de falaises du littoral atlantique, vers une évaluation globale », *Sciences, eaux et territoires*, nº 5. 12. 10.3917/set.005.0012.

118. **AVARD, K., M. LAROCQUE ET S. PELLERIN** (2013). « Perturbations des tourbières de la région de Bécancour, Centre-du-Québec, entre 1966 et 2010. » *Le Naturaliste canadien*, 137 (1), 8-15, [En ligne], https://www.erudit.org/en/journals/natcan/2019-v143-n1-natcan0372/1013184ar/.

119. **POULIN, M., L. ROCHEFORT ET A. DESROCHERS** (1999). « Conservation of bog plant species assemblages: Assessing the role of natural remnants in mined sites », *Applied Vegetation Science*, vol. 2, nº 2, p. 169-180, [En ligne], http://www.gret-perg.ulaval.ca/uploads/tx_centrerecherche/Poulin_AppVegSci_1999_01.pdf.

120. **BLANCHETTE, MARIANNE** (2018). *Services hydrologiques rendus par les milieux humides dans un contexte dynamique d'occupation du territoire: étude de cas du bassin versant de la rivière Saint-Charles.* Mémoire. Québec, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, maîtrise en sciences de l'eau, 130 p.

121. **GOUVERNEMENT DU QUÉBEC.** *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques*, [Québec], Éditeur officiel du Québec, 2017, 40 p.

122. **SCHOONOVER, JON, GRAEME LOCKABY ET BRIAN HELMS** (2006). « Impacts of Land Cover on Stream Hydrology in the West Georgia Piedmont, USA. » *Journal of Environmental Quality*, 35. 2123-2131. 10.2134/jeq2006.0113.

123. **KIM, YURI, L, BAND ET CONGHE SONG** (2014). « The Influence of Forest Regrowth on the Stream Discharge in the North Carolina Piedmont Watersheds. » *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*. 50. 10.1111/jawr.12115.

124. **MINISTÈRE DES FORÊTS DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2004-2016). « 3.2.2 Importance des superficies déboisées par bassin versant », sur le site Internet du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, *Conservation des sols et de l'eau: quantité et qualité de l'eau*, [En ligne], https://mffp.gouv.qc.ca/publications/enligne/forets/criteres-indicateurs/3/322/322.asp (page consultée en janvier 2020).

125. **MERCILLE, B., ET COLLAB.** (2001). *La reconstruction de rivière à la suite du déluge de 1996 au Québec: tenir compte de l'importance économique des ressources fauniques.* Fondation de la faune du Québec.

126. **JUTRAS, SYLVAIN** (2018). « Bassin expérimental du ruisseau des Eaux-Volées (BEREV) de la forêt Montmorency », sur le site Internet du Centre d'étude sur la forêt, [En ligne], http://www.cef-cfr.ca/index.php?n=Membres.SylvainJutrasBEREV (dernière mise à jour: 26 janvier 2018).

127. **BRIAND, YVES** (2017). *Présentation: Colloque saumon et foresterie – Constats. Conseil de l'eau du nord de la Gaspésie*, 10 p. Entériné par la TGIRT commune de la Gaspésie le 13 février 2018. Le Colloque saumon et foresterie s'est tenu les 23 et 24 novembre 2017, à Carleton-sur-Mer, [En ligne], https://docplayer.fr/175195639-Colloque-saumon-et-foresterie-constats.html.

128. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2012). *Élaboration d'un indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et mise en application en milieu agricole: cours d'eau peu profonds à substrat meuble*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-65630-2 (PDF), 62 p. (incluant 10 annexes), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/indice-integrite/rapport-substrat-meuble.pdf.

129. **MELCC** (2014). *Guide de gestion des eaux pluviales* – Chapitre 2. Québec, 21 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide.htm (page consulté en avril 2020).

130. **WANG, L., J. LYONS, P. KANEHL ET R. GATTI** (1997). « Influences of watershed land use on habitat quality and biotic integrity in Wisconsin streams », *Fisheries*, vol. 22, n° 6, p. 6-12.

131. **WALLACE, ANGELA M., MELANIE V. CROFT-WHITE ET JAN MORYK** (2013). « Are Toronto's streams sick? A look at the fish and benthic invertebrate communities in the Toronto region in relation to the urban stream syndrome ». *Environmental monitoring and assessment*, vol. 185, nº 9, p. 7857-7875.

132. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2012). *Indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et son application en milieu agricole: cours d'eau peu profonds à substrat grossier*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec, ISBN 978-2-550-66035-4 (PDF), 72 p. (dont 7 annexes), [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/indice-integrite/rapport-agricole-substrat-grossier.pdf.

133. **HUDY, M., T. M. THIELING, N. GILLESPIE ET E. P. SMITH** (2008). « Distribution, Status, and Land use Characteristics of Subwatersheds within the Native Range of Brook Trout in the Eastern United States », *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 28, p. 1069-1085.

134. **STANKO, S. A., R. H. HILDERBRAND, R. P. MORGAN II, M. W. STALEY, A. J. BECKER, A. ROSEBERRY-LINCOLN, E. S. PERRY ET P. T. JACOBSON** (2008). « Brook Trout Declines with Land Cover and Temperature Changes in Maryland », *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 28, p. 1223-1232.

135. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE LA RAINETTE FAUX-GRILLON DE L'OUEST DU QUÉBEC** (2019). *Plan de rétablissement de la rainette faux-grillon de l'Ouest (Pseudacris triseriata), 2019-2029*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 65 p., [En ligne], https://mffp.gouv.qc.ca/documents/faune/PL_retablissement_Rainette_faux_grillon_2019-2029.pdf.

136. **WALSH, CHRISTOPHER, ALLISON H. ROY, JACK W. FEMINELLA, PETER D. COTTINGHAM, PETER M. GROFFMAN ET RAYMOND P. MORGAN** (2005). « The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure », *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 24, nº 3, p. 706-723.

137. **GODIN, FRANÇOIS** (2019). Communication personnelle, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'expertise hydrique et atmosphérique.

138. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC** (2019). *Plan de rétablissement de la tortue des bois (Glyptemys insculpta) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 57 p.

139. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES SALAMANDRES DE RUISSEAUX DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la salamandre pourpre (Gyrinophilus porphyriticus) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.

140. **RAY BUSTINZA ET PIERRE GOSSELIN** (2014). *Inondations: état de situation des responsabilités et pratiques en santé environnementale*. Institut national de santé publique du Québec, 24 p.

141. **MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES, DES RÉGIONS ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE** (2012). *Rapport du groupe de travail sur la gestion des cours d'eau municipaux*, 71 p. et 4 annexes, [En ligne], https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/amenagement_territoire/documentation/rapport_cours_d_eau.pdf.

142. **BEAULIEU, R.** (2001). *Historique des travaux de drainage au Québec et état du réseau hydrographique*. Colloque régional sur les cours d'eau. Pour le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Consultation sur le développement durable de la production porcine au Québec, 6211-12-007. 12 p., [En ligne], http://142.44.245.8/sections/mandats/prod-porcine/documents/Bio115.pdf.

143. **ADAM, P., ET N. DEBIAIS** (2007). *Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau*, 60 p. Direction de l'eau, des milieux aquatiques et de l'agriculture. Eau Seine Normandie, [En ligne], https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/documents/pdf/01Manuel_restauration.pdf.

144. **BIRON, P., MICHAUD, A., MASSEY, W., STÄMPFLI, N., NIANG, M., LAGACÉ, R. ET MARTINELLI, G.** (2020). Projet EPERLAB: Ensemble pour l'étude et la restauration de la rivière Boyer. Rapport présenté au programme Odyssée Saint-Laurent du Réseau Québec Maritime. Université Concordia, 150 pages.

145. **GAZENDAM, ED, BAHRAM GHARABAGHI, F. JONES ET HUGH WHITELEY** (2013). « Evaluation of the Qualitative Habitat Evaluation Index as a Planning and Design Tool for Restoration of Rural Ontario Waterways. » *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, 36. 149-158. 10.4296/cwrj3602827.

146. **RILEY, WILLIAM, TED POTTER, J. BIGGS, A. COLLINS, HELEN JARVIE, JOHN JONES, MARY KELLY-QUINN, STEVE ORMEROD, DAVID SEAR, ROBERT WILBY, SAMANTHA BROADMEADOW, COLIN BROWN, PAUL CHANIN, GORDON COPP, IAN COWX, ADAM GROGAN, DUNCAN HORNBY, DUNCAN HUGGETT, MARTYN KELLY ET GAVIN SIRIWARDENA** (2018). « Small Water Bodies in Great Britain and Ireland: Ecosystem function, human-generated degradation, and options for restorative action.» *Science of The Total Environment*, 645. 1598-1616. 10.1016/j.scitotenv.2018.07.243.

147. **KEVIN E. MCCLUNEY, N. LEROY POFF, MARGARET A. PALMER, JAMES H. THORP, GEOFFREY C. POOLE, BRADLEY S. WILLIAMS, MICHAEL R. WILLIAMS ET JILL S. BARON** (2014). « Riverine macrosystems ecology: sensitivity, resistance, and resilience of whole river basins with human alterations. » *Front Ecol Environ*, 12(1): 48-58, doi:10.1890/120367.

BIBLIOGRAPHIE

148. **TAZZES, B., ET GORAZD URBANIC** (2009). « New indices for assessment of hydromorphological alteration of rivers and their evaluation with benthic invertebrate communities; Alpine case study. » *Rev. Hydrobiol.*, 2. 133-161.

149. **MALAVOI, JEAN-RENÉ, ET JEAN-PAUL BRAVARD** (2011). *Éléments d'hydromorphologie fluviale*. Édité par l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema), 224 p. Physio-Géo. 1. 10.4000/physio-geo.1532.

150. **FOUBERT, A., F. LECOMTE, P. LEGENDRE ET M. CUSSON** (2018). « Spatial organization of fish communities in the St. Lawrence River: a test for longitudinal gradients and spatial heterogeneities in a large river system. » *Hydrobiologia*, 809(1), 155-173.

151. **WINEMILLER, K.** (1991). « Ecomorphological Diversification in Lowland Freshwater Fish Assemblages from Five Biotic Regions. » *Ecological Monographs*, vol. 61, nº 4, p. 343-365.

152. **GUÉGAN, J., LEK, S. & OBERDORFF, T.** (1998). *Energy availability and habitat heterogeneity predict global riverine fish diversity. Nature,* 391 p. 382–384.

153. **JOBIN, B., L. GRATTON, M.-J. CÔTÉ, O. PFISTER, D. LACHANCE, M. MINGELBIER, D. BLAIS, A. BLAIS ET D. LECLAIR** (2019). *Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les basses-terres du Saint-Laurent*. Rapport méthodologique version 2, incluant la région de l'Outaouais. Environnement et Changement climatique Canada, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques et ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Plan d'action Saint-Laurent, Québec, 170 p.

154. **ORGANISME DE CONCERTATION POUR L'EAU DES BASSINS VERSANTS DE LA RIVIÈRE NICOLET (COPERNIC)** (2015). Plan directeur de l'eau (PDE) de la zone Nicolet – Section Diagnostic, 52 p.

155. **PARADIS, ALEXANDRE, ET PASCALE M. BIRON** (2017). « Integrating hydrogeomorphological concepts in management approaches of lowland agricultural streams: Perspectives, problems and prospects based on case studies in Quebec », *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, 42:1, 54-69, DOI:10.1080/07011784.2016.1163241.

156. **BÉDARD, YVES** (2015). « De bonnes pratiques pour freiner l'érosion », dans le site du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du gouvernement du Québec, [En ligne], https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/chaudiereappalaches/journalvisionagricole/juin2015/Pages/Pratiquescontreerosion.aspx (page consultée le 13 février 2020).

157. **MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION** (2016). *Gestion de l'eau. Un peu d'histoire; Cycle de l'eau* (WMV, 21 036 ko - 6:10 min.), [En ligne], https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Agroenvironnement/sol-eau/eau/Pages/Eau.aspx (page consultée en avril 2020).

158. **MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION**. *Culture des grains*, [En ligne], https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Production/Pages/Grains.aspx (page consultée en avril 2020).

159. **BPR** (2008). *Suivi 2007 du Portrait agroenvironnemental des fermes du Québec*, rapport final présenté au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), Union des producteurs agricoles (UPA), Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), 37 p., [En ligne], https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Rp_final_0811.pdf.

160. **MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION** (2016). *Gestion de l'eau*, [En ligne], https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Agroenvironnement/sol-eau/eau/Pages/Eau.aspx (page consultée en avril 2020).

161. **SAGER, M.** (2004). *Enquête sur l'application de la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables par les municipalités*, ministère de l'Environnement et ministère des Affaires municipales, du Sport et du Loisir.

162. **LAGACÉ, ROBERT** (2016). *Drainage* - Notes de cours GAE-3001 préparé par Robert Lagacé, ing. et agr., professeur. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation de l'Université Laval, 236 p. et 5 annexes, [En ligne], http://www.grr.ulaval.ca/gae_3001/Documents/Notes/Doc_GAE_3001.pdf.

163. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET PETITS PERCIDÉS DU QUÉBEC** (2020). *Plan de rétablissement du fouille-roche gris (Percina copelandi) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 41 p.

164. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES CYPRINIDÉS ET PETITS PERCIDÉS DU QUÉBEC** (2019*). Bilan du rétablissement du fouille-roche gris (Percina copelandi) au Québec pour la période 2001-2016*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 60 p.

165. **SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC.** 2000. Atlas des habitats critiques connus ou d'intérêt particulier pour les poissons du fleuve Saint-Laurent entre le port de Montréal et l'île aux Coudres. Direction du développement de la faune.

BIBLIOGRAPHIE

166. ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC (2020). *Plan de rétablissement de la tortue mouchetée (Emydoidea blandingii) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 52 p.

167. ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC (en préparation). *Plan de rétablissement de la tortue géographique (Graptemys geographica) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.

168. ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC (en préparation). *Plan de rétablissement de la tortue musquée (Sternotherus odoratus) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.

169. ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES TORTUES DU QUÉBEC (2020). *Plan de rétablissement de la tortue-molle à épines (Apalone spinifera) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 51 p.

170. MDDELCC (2017). *Fiche espèce menacée du Québec: Arisème dragon*, Québec, Direction de la protection des espèces et des milieux naturels, 2 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/ariseme/index.htm.

171. MDDELCC (2017). *Fiche espèce menacée du Québec: Gentiane de Victorin*, Québec, Direction de la protection des espèces et des milieux naturels, 2 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/gentianopsis-victorin/index.htm.

172. MDDELCC (2017). *Fiche espèce menacée du Québec: Ériocaulon de Parker*, Québec, Direction de la protection des espèces et des milieux naturels, 2 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/eriocaulon/index.htm.

173. MDDELCC (2017). *Fiche espèce menacée du Québec: Cicutaire de Victorin*, Québec, Direction de la protection des espèces et des milieux naturels, 2 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/cicutaire/index.htm.

174. PAQUET, A., N. DESROSIERS ET A. L. MARTEL (2018). *Rapport sur la situation de l'anodonte du gaspareau (Anodonta implicata) au Québec*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 54 p.

175. CENTRE DE RESSOURCES POUR LA MISE EN ŒUVRE DE LA TRAME VERTE ET BLEUE. *Trame verte et bleue*, [En ligne], http://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/definitions-trame-verte-bleue (page consultée en avril 2020).

176. DAUPHIN, D., ET JOBIN, B. (2016). « Changements de l'occupation du sol dans la plaine inondable du lac Saint-Pierre entre les années 1950 et 1997. » *Le Naturaliste canadien*, vol. 140, n 1, p. 42-52.

177. FOUBERT, A., F. LECOMTE, P. BRODEUR, C. LE PICHON ET M. MINGELBIER (2020). *Losing the best conditions for effective fish spawning habitat in the floodplain due to riparian agriculture and flow regulation*, St. Lawrence River, Canada. Landscape Ecology.

178. MINISTÈRE DE LA SÉCURITÉ PUBLIQUE (2017). « Les causes de l'érosion côtière », dans le site du ministère de la Sécurité publique du gouvernement du Québec, [En ligne], https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/securite-civile/surveillance-du-territoire/erosion-cotiere/causes.html (page consultée le 13 février 2020).

179. BOUCHARD, JEAN-FRANÇOIS (2020). *Comprendre et prévenir l'érosion côtière dans un contexte de changements climatiques*. Université du Québec à Rimouski le 10 février 2020, [En ligne], https://www.uqar.ca/nouvelles/uqar-info/3189-comprendre-et-prevenir-l-erosion-cotiere-dans-un-contexte-de-changements-climatiques (page consultée en avril 2020).

180. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (2020). *Espèce menacée au Québec: chardon écailleux*, [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/chardon/chardonEcailleux.pdf.

181. MINISTÈRE DE LA SÉCURITÉ PUBLIQUE (2017). « L'érosion côtière », dans le site du ministère de la Sécurité publique du gouvernement du Québec, [En ligne], https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/securite-civile/surveillance-du-territoire/erosion-cotiere.html (page consultée le 13 février 2020).

182. BERNATCHEZ, P., S. DUGAS, C. FRASER ET L. DA SILVA (2015). *Évaluation économique des impacts potentiels de l'érosion des côtes du Québec maritime dans un contexte de changements climatiques*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis à Ouranos, 45 p. et annexes.

183. **DREJZA, S., S. FRIESINGER ET P. BERNATCHEZ** (2014). *Vulnérabilité des infrastructures routières de l'est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques: caractérisation des côtes, dynamique hydrosédimentaire et exposition des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion, Est du Québec*, vol. I, Projet X008.1. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Remis au ministère des Transports du Québec, mars 2014, 226 p. + annexes.

184. **SOUCHON, Y., ET V. NICOLAS** (2011). *Barrages et seuils: principaux impacts environnementaux – Rapport final.* Édité par l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema), 28 p.

185. **PINTO MARTINS, D.** (2008). *Aménagements hydroélectriques et impacts sur la dynamique des flux d'eau et de sédiments: le cas du haut Paraná, Brésil.* Thèse de doctorat de géographie, Aménagement et urbanisme, sous la direction de Jean-Paul Bravard, 233 p. et 9 annexes. Université Lumière Lyon, [En ligne], http://hydrologie.org/THE/PINTO_MARTINS_D.pdf.

186. **MALAVOI, JEAN-RENÉ, ET DAMIEN SALGUES** (2011). *Arasement et dérasement de seuils. Aide à la définition de Cahier des charges pour les études de faisabilité. Compartiments hydromorphologie et Hydroécologie* - Rapport V0. Édité par l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques Onema), 83 p., [En ligne], http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/arasement-derasement-seuils-aide-definition-cahier_des_charges_2011_009.pdf.

187. **MAILHOT, A., G. TALBOT ET D. KHEDHAOUIRIA** (2014). *Caractérisation de l'influence des barrages sur les débits mesurés.* Rapport de recherche nº R-1465, Institut national de la recherche scientifique INRS eau, terre et environnement, Québec, 170 p.

188. **MAILHOT, A., G. TALBOT, S. RICARD, R. TURCOTTE ET K. GUINARD** (2018). « Assessing the potential impacts of dam operation on daily flow at ungauged river reaches. » *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 18, 156-167.

189. **ASSANI, ALI A., FRANCIS LAJOIE ET CHARLES LALIBERTÉ** (2006). « Impacts des barrages sur les caractéristiques des débits moyens annuels en fonction du mode de gestion et de la taille des bassins versants au Québec. » *Revue des sciences de l'eau*, vol. 20(1), p. 127-146, [En ligne], https://www.erudit.org/fr/revues/rseau/2007-v20-n1-rseau1691/015741ar/.

190. **BRODEUR, P., M. MINGELBIER ET J. MORIN** (2006). « Impact de la régularisation du débit des Grands Lacs sur l'habitat de reproduction du débit des Grands Lacs sur l'habitat de reproduction des poissons dans la plaine inondable du fleuve Saint-Laurent. » *Le Naturaliste canadien*, 130 (1): 60-68.

191. **VERREAULT, G., M. MINGELBIER ET P. DUMONT** (2012). « Spawning migration of American eel Anguilla rostrata from pristine (1843-1872) to contemporary (1963-1990) periods in the St. Lawrence Estuary, Canada. » *Journal of Fish Biology*, 81, 387-407. doi:10.1111/j.1095-8649.2012.03366.x

192. **MORIN J., ET A. BOUCHARD** (2000). *Les bases de la modélisation du tronçon Montréal–Trois-Rivières.* Rapport scientifique SMC-Hydrométrie RS-100. Environnement Canada, 56 p.

193. **LEPAGE, C., ET D. BORDAGE** (sous la direction de) (2013). *État des populations de sauvagine du Québec, 2009.* Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, Série de rapports techniques nº 525, 250 p.

194. **PLOURDE-LAVOIE, P., M. ARCHER, K. GAGNON ET P. SIROIS** (2018). « Les variations de niveau du lac Saint-Jean: effets sur la reproduction des poissons dans les habitats en milieux humides riverains. » *Le Naturaliste canadien*, 142, (1), 66-77, [En ligne], https://doi.org/10.7202/1042015ar.

195. **MALAVOI, J.R.** (2003). *Stratégie d'intervention de l'Agence de l'eau sur les seuils en rivière.* Document de travail, Agence de l'eau Loire-Bretagne, AREA, 125 p., [En ligne], http://www.eau-loire-bretagne.fr/espace_documentaire/documents_en_ligne/guides_milieux_aquatiques/Etude_Seuil.pdf.

196. Référence supprimée

197. **MINGELBIER, M., P. BRODEUR ET J. MORIN** (2005). *Recommendations concerning fish and their habitats in the fluvial St. Lawrence and evaluation of the regulation criteria for the Lake Ontario–St. Lawrence River system. Report presented to the International Joint Commission.* Ministry of natural resources and wildlife, Department of wildlife research, 141 p.

198. **SHARMA, P., ET S. SHARMA** (2013). « A review on macroinvertebrates'physiological response to regulated stream flow. » *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, vol. 9, p. 241-251.

199. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (MDDELCC) (2017). *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Évaluation de l'intégrité biotique des communautés de macroinvertébrés benthiques de la rivière Chaudière, automnes 2013, 2014 et 2015*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 37 p. + 8 ann.

200. **N. LEROY POFF ET JULIE K. H. ZIMMERMAN** (2010). « Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. » *Freshwater Biology*, vol. 55, nº 1, p. 194-205.

201. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2014). *Synthèse du plan de gestion du touladi au Québec 2014-2020*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, Québec, 11 p.

202. **LE PICHON C., M. MINGELBIER, M. LEGROS, A. FOUBERT ET P. BRODEUR** (2018). « Effets du réseau routier sur la connectivité des frayères du grand brochet (Esox lucius) au lac Saint-Pierre (fleuve Saint-Laurent, Canada). » *Le Naturaliste canadien*, 142 (1) p. 78-91.

203. **GAGNON-POIRÉ, ROSEMARIE** (2017). *Fragmentation de l'habitat du saumon atlantique (Salmo salar) par les ponceaux routiers et forestiers*. Université du Québec. Institut national de la recherche scientifique, 84 p.

204. **ROBITAILLE, J.A., Y. VIGNEAULT, G. SHOONER, C. POMERLEAU ET Y. MAILHOT** (1988). *Modifications physiques de l'habitat du poisson dans le Saint-Laurent de 1945 à 1984 et effets sur les pêches commerciales*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 1608: 45 p.

205. **COMITÉ DE CONCERTATION NAVIGATION DE SAINT-LAURENT VISION 2000** (2004). « Stratégie de navigation durable pour le Saint-Laurent », Transports Québec et Pêches et Océans Canada (PDF), 98 p. + 3 annexes ISBN: 2-550-42877-3, [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/diverses/SND_longue_f.pdf.

206. **CÔTÉ, J.-P., ET J. MORIN** (2007a). *Principales interventions humaines survenues dans le fleuve Saint-Laurent entre Montréal et Québec au 19e siècle: 1844-1907*. Rapport technique SMC Québec. Section Hydrologie, RT- 140, Environnement Canada, Sainte-Foy, 112 p. + annexes.

207. **CÔTÉ, J.-P., ET J. MORIN** (2007b). *Principales interventions humaines survenues dans le fleuve Saint-Laurent entre Montréal et Québec au 20e siècle: 1907-2005*. Rapport technique SMC Québec. Section Hydrologie RT- 141, Environnement Canada, Sainte-Foy, 65 p.

208. **HATIN, D., S. LACHANCE ET D. FOURNIER** (2007). « Effect of Dredged Sediment Deposition on Use by Atlantic Sturgeon and Lake Sturgeon at an Open-Water Disposal Site in the St. Lawrence Estuarine Transition Zone. » *American Fisheries Society Symposium*, 56: 235-255.

209. **STRATÉGIE DE NAVIGATION DURABLE POUR LE SAINT-LAURENT.** Bilan 2004-2011. Plan d'action 2012-2017.

210. **PACIFIC INTERNATIONAL ENGINEERING CORPORATION POUR ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA** (2005). *Shoreline Response - Lower St. Lawrence River*, vol. 1 – *Main Text, International Lake Ontario – St. Lawrence River Study*, version 1.5, 136 p., [En ligne], ftp://ftp.mrnf.gouv.qc.ca/Public/DEFH/Sfa/NavigationSL/Shoreline_Response_Mar2005_main_text.PDF.

211. **PACIFIC INTERNATIONAL ENGINEERING CORPORATION POUR ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA** (2005). *Shoreline Response - Lower St. Lawrence River*, vol. 2 – *Appendices, International Lake Ontario – St. Lawrence River Study*, version 1.5, 6 appendices, [En ligne], ftp://ftp.mrn.gouv.qc.ca/Public/Defh/Sfa/NavigationSL/Shoreline_Response_Mar2005_appendices.PDF.

212. Référence supprimée

213. **RONDEAU, BERNARD, D. COSSA, P. GAGNON ET L. BILODEAU** (2000). « Budget and sources of suspended sediments transported in the St. Lawrence River, Canada », *Hydrological processes*, vol. 14, p. 21-36.

214. **DAUPHIN, DIANE** (2000). « Érosion des rives: impact potentiel et faisabilité du contrôle de la vitesse des navires sur le Saint-Laurent. Volet 1 – Influence de la navigation commerciale et de la navigation de plaisance sur l'érosion des rives du Saint-Laurent dans le tronçon Cornwall-Montmagny », Rapport final pour le Service du transport maritime et aérien (PDF), 112 p. + 6 annexes, [En ligne], http://belsp.uqtr.ca/985/1/Dauphin_2000_erosion_A.pdf.

215. **LAURELINE BERTHOT, A. ST-HILAIRE, D. CAISSIE, N. EL-JABI, J. KIRBY ET S. OUELLET-PROULX** (2020). «Southern Quebec environmental flow assessments: spatial and temporal scales sensitivity», *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, DOI: 10.1080/07011784.2020.1834881.

BIBLIOGRAPHIE

216. **EAUFRANCE** (2019). *Les impacts potentiels des prélèvements d'eau – Prélèvements d'eau, pressions sur les milieux et risques*, [En ligne], https://www.eaufrance.fr/les-impacts-potentiels-des-prelevements-deau#paragraph-2766 (page consultée en avril 2020).

217. **BGRM** (1996). *Impact sur le débit des cours d'eau des prélèvements d'eau souterraine des nappes connexes aux rivières*. Rapport BRGM R 38930, 63 p., 11 fig., 3 tabl., 3 ann., [En ligne], http://infoterre.brgm.fr/rapports/RR-38930-FR.pdf.

218. **ORGANISME DE BASSIN VERSANT DE LA YAMASKA** (2019). *Point d'eau 2019. Impacts cumulatifs des prélèvements d'eau dans le bassin versant de la rivière Yamaska*. Ateliers tenus à Saint-Césaire le 14 novembre 2019, 58 p., [En ligne], https://obv-yamaska.qc.ca/wp-content/uploads/2020/04/MELCC_Atelier_Etiage_14nov2019_pour-diffusion.pdf.

219. **U.S. GEOLOGICAL SURVEY** (2008). *Consumptive Water Use in the Great Lakes Basin*, 6 p. Fact Sheet 2008–3032, [En ligne], https://pubs.usgs.gov/fs/2008/3032/pdf/fs2008-3032.pdf.

220. **PARENT, ANNIE-CLAUDE, ET FRANÇOIS ANCTIL** (2012). *Pour des mesures de conservation et d'utilisation efficace de l'eau adaptables aux changements climatiques pour le bassin du fleuve Saint-Laurent*, 158 p. et 5 annexes, [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportAnctil2012_FR.pdf.

221. **ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DES SALAMANDRES DE RUISSEAUX DU QUÉBEC** (en préparation). *Plan de rétablissement de la salamandre sombre des montagnes (Desmognathus ochrophaeus) au Québec, 2020-2030*, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats.

222. **LLOYD, NATALIE, GERRY QUINN, MARTIN THOMS ET COLLAB.** (2004). « Does flow modification cause geomorphological and ecological response in rivers ? A literature review from an Australian perspective », Cranberra, Technical report 1/2004, *CRC for Freshwater Ecology*, vol. 57, 51 p.

223. **POIRIER, CHARLES, JEAN-FRANÇOIS CYR ET RICHARD TURCOTTE** (2010). *Étude de l'impact hydrologique de la production de canneberges dans le bassin versant de la rivière Bécancour – Définition de pistes de solutions pour l'approvisionnement en eau*, 89 p. Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), [En ligne], http://www.notrecanneberge.com/openfile.aspx?file=2010-01-22-etude-impact-hydrologique-prod.pdf.

224. **RICCIARDI, ANTHONY** (2006). « Patterns of invasion in the Laurentian Great Lakes in relation to changes in vector activity. » *Diversity and Distributions*, vol. 12, p. 425-433.

225. Référence supprimée

226. **HOLECK, KRISTEN T., EDWARD L. MILLS, HUGH J. MACISAAC, MARGARET R. DOCHODA, ROBERT I. COLAUTTI ET ANTHONY RICCIARDI** (2004). « Bridging Troubled Waters: Biological Invasions, Transoceanic Shipping, and the Laurentian Great Lakes », *BioScience*, vol. 54, nº 10, p. 919-929

227. **HACHÉ, DONNA** (2019). « Prévenir la propagation du myriophylle en épi: cas de la portion québécoise du bassin versant du fleuve Saint-Jean », essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement de l'Université de Sherbrooke (PDF), 127 p. + 4 annexes, [En ligne], https://pdfs.semanticscholar.org/a069/cf0a5e8b445f2b95e5e7d7c987cc82211098.pdf.

228. **ANDERSON, LUCY G., PIRAN C. L. WHITE, PAUL D. STEBBING, GRANT D. STENTIFORD ET ALISON M. DUNN** (2014). « Biosecurity and Vector Behaviour: Evaluating the Potential Threat Posed by Anglers and Canoeists as Pathways for the Spread of Invasive Non-Native Species and Pathogens », *PLOS ONE*, vol. 9, nº 4, p. 1-10.

229. **KERR, STEVEN J., CHRISTOPHER S. BROUSSEAU ET MARK MUSCHETT** (2005). « Invasive Aquatic Species in Ontario - A review and analysis of potential pathways for introduction », *Fisheries*, vol. 30, nº 7, p. 21-30.

230. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2017). « De bons conseils pour éviter d'introduire et de propager des espèces exotiques envahissantes », Québec, 10 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/eviter-propagation-eee.pdf#page=3.

231. **BRUCKERHOFF, L., J. HAVEL ET S. KNIGHT** (2015). « Survival of invasive aquatic plants after air exposure and implications for dispersal by recreational boats. » *Hydrobiologia*, 746, 113-121, [En ligne], https://doi.org/10.1007/s10750-014-1947-9.

232. **BOYLEN, C.W., L.W. EICHLER ET J.D. MADSEN** (1999). « Loss of native aquatic plant species in a community dominated by Eurasian watermilfoil. » *Hydrobiologia*, 415, 207-211, [En ligne], https://doi.org/10.1023/A:1003804612998.

233. **PARADIS, Y.** (2018). *Les espèces aquatiques envahissantes du fleuve Saint-Laurent: bilan de la situation en eau douce*. Plan d'action Saint-Laurent. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 9 p.

234. **ARVISAIS, M., Y. PARADIS ET I. THIBAULT** (2016). *Plan de gestion du doré au Québec 2016-2026*, Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, 14 p.

BIBLIOGRAPHIE

235. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS.** « La moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) », dans le site du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du gouvernement du Québec, [En ligne], https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/especes/envahissantes/moule-zebree/ (page consultée le 13 février 2020).

236. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS.** « La moule quagga (*Dreissena bugensis*) », dans le site du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du gouvernement du Québec, [En ligne], https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/especes/envahissantes/moule-quagga/ (page consultée le 13 février 2020).

237. **ENVIRONNEMENT CANADA** (2011). Programme de rétablissement de la gentiane de Victorin (*Gentianopsis virgata ssp. victorinii*) au Canada [proposition], Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Environnement Canada, Ottawa, v + 25 p.

238. **LAVOIE, CLAUDE, GENEVIÈVE GUAY ET FLORENT JOERIN** (2014). « Une liste des plantes vasculaires exotiques nuisibles du Québec: nouvelle approche pour la sélection des espèces et l'aide à la décision », *Écoscience*, vol. 21, nº 2, p. 1-24.

239. **HUMMEL, MEREDITH, ET ERIK KIVIAT** (2004). « Review of world literature on water chestnut with implications for management in North America », *Journal of Aquatic Plant Management*, vol. 42, p. 17-28.

240. **COLAUTTI, R.I., S.A. BAILEY, C.D.A. VAN OVERDIJK ET COLLAB.** (2006). « Characterised and Projected Costs of Nonindigenous Species in Canada. » *Biol Invasions*, 8, 45-59, [En ligne], https://doi.org/10.1007/s10530-005-0236-y.

241. **MAGNAN, P., É. PAQUIN, P. BRODEUR, Y. PARADIS, N. VACHON, P. DUMONT ET Y. MAILHOT** (2020). *État du stock de perchaudes du lac Saint-Pierre en 2019.* Comité scientifique sur la gestion de la perchaude du lac Saint-Pierre. Chaire de recherche du Canada en écologie des eaux douces, Université du Québec à Trois-Rivières et ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 6 p.

242. **COSEPAC** (2011). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur l'obovarie olivâtre (Obovaria olivaria) au Canada.* Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, xi + 52 p.

243. Référence supprimée

244. **POST, J., M. SULLIVAN, S. COX, N. P. LESTER, C. J. WALTERS, E. A. PARKINSON, A. J. PAUL, L. JACKSON ET B. J. SHUTER** (2002). « Canada's Recreational Fisheries: The Invisible Collapse?» », *Fisheries*, vol. 27, nº 1, p. 6-17.

245. **ARVISAIS, M., D. NADEAU, M. LEGAULT, H. FOURNIER, F. BOUCHARD ET Y. PARADIS** (2012). *Plan de gestion du doré au Québec 2011-2016.* Ministère du Développement durable,de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats. Direction de la faune aquatique. Québec, 73 p.

246. **BLAIS, P., M. ARVISAIS, I. THIBAULT, Y. PARADIS ET P. BRODEUR** (2016). « Plus de dorés qu'il y a 20 ans! », *Aventure chasse-pêche*, été: 188-194.

247. **PAQUIN, É., P. BRODEUR, N. VACHON, Y. PARADIS ET C. CÔTÉ** (2018). *Synthèse de l'état de situation des espèces de poissons d'intérêt sportif au lac Saint-Pierre en 2016.* Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 4 p.

248. **MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS DU CANADA** (2014). Omble chevalier, dans le site du ministère des Pêches et des Océans du Canada, [En ligne], https://www.dfo-mpo.gc.ca/fisheries-peches/sustainable-durable/fisheries-peches/char-omble-fra.html.

249. **STATISTIQUE CANADA** (2018). *Les Premières Nations, les Métis et les Inuits au Canada: des populations diverses et en plein essor*, ISBN 978-0-660-25451-7, 13 p., [En ligne], https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/pub/89-659-x/89-659-x2018001-fra.pdf?st=6Vdz1kKI.

250. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2016). *Plan de gestion du saumon atlantique 2016-2026*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, Québec, 40 p.

251. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (2019). *Plan de gestion de l'omble de fontaine 2020-2028: document synthèse*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 16 p.

252. **GOUVERNEMENT DU QUÉBEC** (2011). *Loi limitant les activités pétrolières et gazières.* Projet de loi nº 18 (2011, chapitre 13), *Loi limitant les activités pétrolières et gazières*, [En ligne], http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=5&file=2011C13F.PDF.

253. **ENVIRONNEMENT ET RESSOURCES NATURELLES CANADA** (2020). « Réduire l'impact du bruit sur le béluga en péril de l'estuaire du Saint-Laurent: plan d'action, 2020 », dans le site d'Environnement et ressources naturelles, Faune, flore et espèces, Espèces en péril, Registre public des espèces en péril, Loi sur les espèces en péril: plans d'action, [En ligne], https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/plans-action/bruit-beluga-estuaire-saint-laurent-2020.html (page consultée en janvier 2020).

BIBLIOGRAPHIE

254. **WEILGART, L.** (2018). *The impact of ocean noise pollution on fish and invertebrates*. Report for OceanCare, Switzerland, 34 p.

255. **TRANSPORTS CANADA** (2020). « Protéger les baleines noires de l'Atlantique Nord des collisions avec les navires dans le golfe du Saint-Laurent », dans le site de Transports Canada du gouvernement du Canada, [En ligne], https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/gestion-environnementale-sels-voirie/Pages/saviez-vous.aspx (page consultée le 19 mars 2020).

256. **PÊCHES ET OCÉANS CANADA** (2020). « Mesures de gestion des pêches 2020», dans le site de Pêches et Océans Canada du gouvernement du Canada, [En ligne], http://www.dfo-mpo.gc.ca/fisheries-peches/commercial-commerciale/atl-arc/narw-bnan/management-gestion-fra.html (page consultée le 19 mars 2020).

257. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES** (2019). *Répertoire des barrages*, [En ligne], https://www.cehq.gouv.qc.ca/Barrages/Default.asp (page consultée en avril 2020).

258. **THERRIEN, JEAN** (1996). « Guide d'évaluation de la problématique de la dévalaison des poissons en relation avec les petites centrales hydroélectriques ». Rapport du Groupe-conseil Génivar présenté au ministère des Pêches et des Océans et à l'Association des producteurs privés d'hydroélectricité du Québec, 111 p., [En ligne], https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/214691.pdf.

259. **CARON, F., P. DUMONT, Y. MAILHOT ET G, VERREAULT** (2006). *État des stocks d'anguille d'Amérique (Anguilla rostrata) au Québec en 2004*. 2e édition révisée. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Direction de la recherche sur la faune, Québec, 34 p.

260. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation: synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*. Édition 2015. Montréal (Québec): Ouranos, 415 p.

261. **CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC (CEHQ)** (2015). *Atlas hydroclimatique du Québec méridional: impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050*. Québec, 81 p.

262. **DIRECTION DE L'EXPERTISE HYDRIQUE** (2018). *Document d'accompagnement de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 34 p.

263. *Atlas hydroclimatique du Québec méridional 2018*, [En ligne], http://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique.

264. **CROSBIE, R. S., T. PICKETT, F.S. MPELASOKA, G. HODGSON, S.P. CHARLES ET O. V. BARRON** (2013). « An assessment of the climate change impacts on groundwater recharge at a continental scale using a probabilistic approach with an ensemble of GCMs ». *Climatic Change*, 117(1-2), p. 41-53, [En ligne], https://doi.org/10.1007/s10584-012-0558-6.

265. **TAYLOR, R. G., B. SCANLON, P. DÖLL, M. RODELL, R. VAN BEEK, Y. WADA, L. LONGUEVERGNE, M. LEBLANC, J.S. FAMIGLIETTI, M. EDMUNDS, L. KONIKOW, T.R. GREEN, J. CHEN, M. TANIGUCHI, M.F.P. BIERKENS, A. MACDONALD, Y. FAN, R.M. MAXWELL, Y. YECHIELI, J.J. GURDAK, D.M. ALLEN, M. SHAMSUDDUHA, K. HISCOCK, P.J.F. YEH, I. HOLMAN ET H. TREIDEL** (2013). « Ground water and climate change ». *Nature Climate Change*, 3(4), p: 322-329, [En ligne], https://doi.org/10.1038/NCLIMATE1744.

266. **DÖLL, P.** (2009). « Vulnerability to the impact of climate change on renewable groundwater resources: A global-scale assessment ». *Environmental Research Letters*, 4(3), 035006, [En ligne], https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/4/3/035006/pdf.

267. **ROUSSEAU, ALAIN, ALAIN MAILHOT, MICHEL SLIVITZKY, JEAN-PIERRE VILLENEUVE, MANUEL J. RODRIGUEZ ET ALAIN BOURQUE** (2004). « Usages et approvisionnement en eau dans le sud du Québec », *Canadian Water Resources Journal*, vol. 29, nº 2, p. 121-134.

268. **EASTERLING, D.R., J.L. EVANS, P. YA GROISMAN, T.R. KARL, K.E. KUNKEL ET P. AMBENJE** (2000). « Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 81, p. 417-425.

269. **WESTRA, S., H.J. FOWLER, J.P. EVANS, L.V. ALEXANDER, P. BERG, F. JOHNSON, E.J. KENDON, G. LENDERINK ET N.M. ROBERTS** (2014). « Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall », *Review of Geophysics*, vol. 52, p. 522-555.

270. **FORTIER, CLAUDINE** (2013). *Impact des changements climatiques sur les débordements des réseaux d'égouts unitaires*, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, Centre tau Terre environnement. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de maîtrise en sciences de l'eau, 125 p. et 6 annexes.

271. **DELPLA, I., A.-V. JUNG, E. BAURES, M. CLEMENT ET O. THOMAS** (2009). « Impacts of climate change on surface water in relation to drinking water production », *Environment International*, vol. 35, p. 1225-1233.

272. **MAYER, T., ET E. DELOS REYES** (1996). « Phosphorus and metal contaminant transport in two southern Ontario rivers: the Grand river and its tributary, the Nith river », *Water quality research journal of Canada*, vol. 31, nº 1, p. 119-152.

273. **MARSHALL, ERIC, ET TIMOTHY RANDHIR** (2008). « Effect of climate change on watershed system: a regional analysis », *Climatic Change*, vol. 89, p. 263-280.

274. **DELPLA, IANIS, ET MANUEL J. RODRIGUEZ** (2014). « Effects of future climate and land use scenarios on riverine source water quality », *Science of the Total Environment*, vol. 493, p. 1014-1024.

275. **WHITEHEAD, P.G., R.L. WILBY, R.W. BATTARBEE, M. KERNAN ET A.J. WADE** (2009a). « A review of the potential impacts of climate change on surface water quality », *Hydrological Sciences Journal*, vol. 54, nº 1, p. 101-123.

276. **WHITEHEAD, A.J. WADE, ET D. BUTTERFIELD** (2009b). « Potential impacts of climate change on water quality and ecology in six UK rivers », *Hydrology Research*, vol. 40, nºs 2-3, p. 113-122.

277. **MELILLO, JERRY M., TERESE** (T.C.) Richmond et Gary W. Yohe, ed. (2014). « Climate change impacts in the United States: The third national climate assessment. » *U.S. Global Change Research Program*, 841 pp. doi:10.7930/J0Z31WJ2.

278. **VERAART A.J., J.J.M. DE KLEIN ET M. SCHEFFER** (2011). « Warming can boost denitrification disproportionately due to altered oxygen dynamics. » *PLoS ONE*, 6(3): e18508. doi:10.1371/journal.pone.0018508.

279. **RICHARDSON, JESSICA, HEIDRUN FEUCHTMAYR, CLAIRE MILLER, PETER HUNTER, STEPHEN MABERLY ET LAURENCE CARVALHO** (2019). « The response of cyanobacteria and phytoplankton abundance to warming, extreme rainfall events and nutrient enrichment. » *Global Change Biology*, 25. 10.1111/gcb.14701.

280. **WARREN, FIONA J., ELAINE BARROW, RYAN SCHWARTZ, JEAN ANDREY, BRIAN MILLS ET DIETER RIEDEL** (2004). *Impacts et adaptation liés aux changements climatiques: perspective canadienne*, Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 219 p., [En ligne], https://www.rncan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/perspective/pdf/report_f.pdf.

281. **GALBRAITH, PETER, STÉPHANE PLOURDE ET MICHEL STARR** (2014). *Les processus océanographiques dans l'estuaire et le golfe*, 3e édition, Fiche issue du Programme de suivi de l'état du Saint-Laurent. Gouvernement du Canada et gouvernement du Québec, 11 p., [En ligne], http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/fiches_indicateurs/Processus_Oceanographiques_2014_FR.pdf.

282. **ST-HILAIRE, A.** (2019). *Modélisation de scénarios futurs de température de l'eau en milieu côtier et implications sur les infections potentielles par* Vibrio Parahaemolyticus *et* Vibrio Vulnificus*: application aux bancs coquilliers de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent* , 75 p., [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportVibrio2019.pdf.

283. **OURANOS** (2015). *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, Partie 2: *Vulnérabilités, impacts, et adaptation aux changements climatiques.* Édition 2015, Montréal (Québec), 234 p., [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseRapportfinal.pdf.

284. **BRODEUR, J., G. BOIVIN, G. BOURGEOIS, C. CLOUTIER, J. DOYON, P. GRENIER ET A.E. GAGNON** (2003). « Impact des changements climatiques sur le synchronisme entre les ravageurs et leurs ennemis naturels: conséquences sur la lutte biologique en milieu agricole au Québec » (PDF). Ouranos, [En ligne], https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportBrodeur2013.pdf.

285. **MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS** (2012). *Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020*, Québec, 52 p., [En ligne], http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/plan_action/stategie-adaptation2013-2020.pdf.

286. **CHARRON, D.F., T. EDGE, M.D. FLEURY, W. GALATIANOS, D. GILLIS, R. KENT, A.R. MAAROUF, C. NEUDOERFFER, C.J. SCHUSTER, M.K. THOMAS, J. VALCOURT ET D. WALTNER-TOEWS** (2005). *Links between climate, water and waterborne illness, and projected impacts of climate change*, Health Canada, HPRP File nº 6795-15-2001/4400016c, 104 p. et 14 annexes, [En ligne], https://pdfs.semanticscholar.org/0564/d5132887e2407db6f9ace577adcfedfc7e0d.pdf?_ga=2.230472027.6931242 7.1573153143-719607993.1573153143.

287. **CURRIERO, FRANK C., JONATHAN A. PATZ, JOAN B. ROSE ET SUBHASH LELE** (2001). « The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994 », *American Journal of Public Health*, vol. 91, nº 8, p. 1194-1199.

288. **GHAZANI, M., G. FITZGERALD, W. HU, G.S. TOLOO ET Z. XU** (2018). « Temperature Variability and Gastrointestinal Infections: A Review of Impacts and Future Perspectives. » *Int. J. Environ. Res. Public Health*, *15*, 766.

289. **FEBRIANI, Y., P. LEVALLOIS, S. GINGRAS ET COLLAB.** (2010). « The association between farming activities, precipitation, and the risk of acute gastrointestinal illness in rural municipalities of Quebec, Canada: a cross-sectional study. » *BMC Public Health,* 10, 48, [En ligne], https://doi.org/10.1186/1471-2458-10-48.

290. **B.K. CHHETRI, T.K. TAKARO, R. BALSHAW, M. OTTERSTATTER, S. MAK, M. LEM, M. ZUBEL, M. LYSYSHYN, L. CLARKSON, J. EDWARDS, M.D. FLEURY, S.B. HENDERSON ET E. GALANIS.** [2017]. « Associations between extreme precipitation and acute gastro-intestinal illness due to cryptosporidiosis and giardiasis in an urban Canadian drinking water system (1997–2009) ». *J. Water Health*, 15, p. 898-907.

291. **RAHEL, FRANK J., ET JULIAN D. OLDEN** (2008). « Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species », *Conservation Biology*, vol. 22, nº 3, p. 521-533.

292. **HELLMANN, JESSICA J., JAMES E. BYERS, BRITTA G. BIERWAGEN ET JEFFREY S. DUKES** (2008). « Five potential consequences of climate change for invasive species », *Conservation Biology*, vol. 22, nº 3, p. 534-543.

293. **DE BLOIS, SYLVIE, LAURA BOISVERT-MARSH, RETO SCHMUCKI, CHRISTINE-ANNA LOVAT, CHAEHO BYUN, PAOLA GOMEZ-GARCIA, RAFAEL OTFINOWSKI, ELISABETH GROENEVELD ET CLAUDE LAVOIE** (2013). *Outils pour évaluer les risques d'invasion biologique dans un contexte de changements climatiques*. Université McGill, Montréal (Québec), 80 p. et 6 annexes.

294. **HATTON, E.C., J.D. BUCKLEY, S.A. FERA, S. HENRY, L.M. HUNT, D.A.R. DRAKE ET T.B. JOHNSON** (2019). « Current and potential aquatic invasive species in Ontario and the Great Lakes region: A compilation of ecological information », Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry, Science and Research Branch, Peterborough (Ontario). Science and Research Information Report IR-16. 23 p. + appendices.

295. **GOLDSMIT, JESICA, PHILIPPE ARCHAMBAULT, GUILLEM CHUST, ERNESTO VILLARINO, GEORGE LIU, JENNIFER V. LUKOVICH, DAVID G. BARBER ET KIMBERLY L. HOWLAND** (2018). « Projecting present and future habitat suitability of ship-mediated aquatic invasive species in the Canadian Arctic », *Biological Invasions*, vol. 20, nº 2, p. 510-517.

296. **MINGELBIER, M., F. LECOMTE ET J.J. DODSON** (2001). « Climate change and abundance cycles of two sympatric populations of smelt (Osmerus mordax) in the middle estuary of the St. Lawrence River, Canada. » *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 58: 2048-2058.

297. **MINGELBIER, M., P. BRODEUR ET J. MORIN** (2008). « Spatially explicit model predicting the spawning habitat and early stage mortality of Northern pike (Esox lucius) in a large system: the St. Lawrence River between 1960 and 2000. » *Hydrobiologia*, 601: 55-69.

298. **MINGELBIER, M., G. TRENCIA, R. DUMAS, B. DUMAS, Y. MAILHOT, C. BOUCHARD, D. C. MANOLESCO, P. BRODEUR, C. HUDON ET G. OUELLETTE** (2001). *Avis scientifique concernant la mortalité massive des carpes dans le Saint-Laurent durant l'été 2001*. Société de la faune et des parcs du Québec, ministère de l'environnement, Biodôme de Montréal, Environnement Canada, 22 p.

299. **BERTEAUX, D., N. CASAJUS ET S. DE BLOIS** (2014). *Changements climatiques et biodiversité du Québec: vers un nouveau patrimoine naturel*, Presses de l'Université du Québec, Rimouski (Québec), 214 p.

300. **RHEAULT, G., R. PROULX ET L. BONIN** (2015). « Plant species richness prolongs the growing season of freely assembled riparian herbaceous communities under dry climatic conditions. » *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 200, p. 71-78.

301. **TURCOTTE, A., N. BOUSQUET ET D. GARANT** (2017). *Revue de littérature sur les préférences d'habitat des salmonidés et leurs adaptations face aux changements climatiques*, présentée au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Université de Sherbrooke, 92 p.

302. **FINSTAD A.G., T. FORSETH, B. JONSSON, E. BELLIER, T. HESTHAGEN, A.J. JENSEN, D.O. HESSEN ET A.FOLDVIK** (2010). « Competitive exclusion along climate gradients: energy efficiency influences the distribution of two salmonid fishes. » *Global Change Biology*, 17: 1703-1711.

303. **GEIST, J., ET K. AUERSWALD** (2007). « Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (Margaritifera margaritifera) », *Freshwater Biology*, 52: 2299-2319.

304. **MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS** (en préparation). Mulette-perlière de l'Est: influence du barrage du lac Matane sur la population en amont et étude phylogénique, Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques.

305. **MINGELBIER, M., ET J. MORIN** (2005). « Modélisation numérique 2D de l'habitat des poissons du Saint-Laurent fluvial pour évaluer l'impact des changements climatiques et de la régularisation. » *Le Naturaliste canadien*, 129 (1): 96-102.

306. **BRODEUR, P., M. MINGELBIER ET J. MORIN** (2004). « Impact des variations hydrologiques sur les poissons des marais aménagés du Saint-Laurent. » *Le Naturaliste canadien*, 128 (2): 66-77.

307. **GENDREAU, YANICK, AUDREY LACHANCE, HÉLÈNE GILBERT, NICOLAS CASAJUS ET DOMINIQUE BERTEAUX** (2016). *Analyse des effets des changements climatiques sur les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec*, Québec, 39 p. et 5 annexes.

ANNEXE



Photo: Caroline Anderson

ANNEXE

Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019

Dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent, une entente entre les gouvernements du Canada et du Québec, le Groupe de travail sur le suivi de l'état du Saint-Laurent vient de produire le *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2019* (PGSL). À l'intérieur de ce groupe travail, les spécialistes œuvrant sur le Saint-Laurent mettent en commun leur expertise et leurs efforts afin de mieux décrire son état et son évolution. Quinze indicateurs issus du PGSL élaborés par le gouvernement fédéral ont été intégrés au Rapport sur l'état des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques 2020.

ÉTAT – FLEUVE



COMMUNAUTÉS DES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES RIVERAINS

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien



ÉTAT DE LA POPULATION DU GRAND HÉRON

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien



CONTAMINATION DE L'EAU DU FLEUVE PAR LES TOXIQUES

État: Bon
Tendance: Amélioration



SUIVI DE L'OCCUPATION DU SOL

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien



CONTAMINATION DES SÉDIMENTS DES LACS FLUVIAUX PAR LES TOXIQUES

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Amélioration

ANNEXE

ÉTAT – ESTUAIRE ET GOLFE



COMMUNAUTÉ PHYTOPLANCTONIQUE DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Amélioration



COMMUNAUTÉ ZOOPLANCTONIQUE DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien



ÉTAT DES POPULATIONS D'OISEAUX MARINS

État: Intermédiaire
Tendance: Maintien



ÉTAT DE LA POPULATION DU BÉLUGA

État: Mauvais
Tendance: Maintien



ÉTAT DE LA POPULATION DU FOU DE BASSAN

État: Intermédiaire
Tendance: Amélioration



ÉTAT DE LA POPULATION DU GRAND HÉRON

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien



PROCESSUS OCÉANOGRAPHIQUES

État: Intermédiaire
Tendance: Détérioration



SALUBRITÉ DES EAUX COQUILLIÈRES DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien



SUIVI DES ALGUES TOXIQUES DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Amélioration



SUIVI DES ESPÈCES AQUATIQUES ENVAHISSANTES MARINES DANS LE SAINT-LAURENT

État: Intermédiaire-bon
Tendance: Maintien



Environnement
et Lutte contre
les changements
climatiques

Québec